

O SENSORIAMENTO REMOTO COMO RECURSO NO ESTUDO DA ANTÁRTICA

Sensoriamento Remoto no Ensino Superior

Siclério Ahlert

Jefferson Cardia Simões

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia

Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas – Sala 208

Instituto de Geociências - Departamento de Geografia

Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Bairro Agronomia

91501-970 - Porto Alegre - RS – Brasil

e-mail: siclerioahlert@yahoo.com.br, jefferson.simões@ufrgs.br

ABSTRACT

Antarctica is a continent with more than fourteen million square kilometers, almost all of which is covered by ice and surrounded by oceans that freeze on the surface, in winter, elevating the ice covered area to more than 30 million square kilometers. This continent exercises a fundamental role in the global climate. Monitoring its dynamics with the use of remote sensing resources is fundamental. This article discusses the remote sensing tool's potentials for the study Antarctica and the use of this kind of information as a didactic resource, especially for glacial geomorphology studies and for monitoring glacier front extension.

1. INTRODUÇÃO

A Antártica é um continente com quatorze milhões de quilômetros quadrados estando quase que na totalidade recoberto por gelo, concentrando 90 % do volume do gelo do planeta, cuja espessura média ultrapassa dois mil metros (Simões et al, 1995). O congelamento superficial dos oceanos circundantes durante o inverno acrescenta mais cerca de dezoito milhões de quilômetros quadrados, elevando a área recoberta por gelo para mais de trinta milhões de quilômetros quadrados (Parkinson, 2002). A figura 1 apresenta o continente Antártico, circundado pelas plataformas de gelo e a extensão máxima do gelo marinho durante o inverno (média) no período de 1979 a 1999 (Parkinson, 2002).

Este continente tem grande importância na regulação do quadro climático global e para o seu estudo é indispensável o uso dos recursos do sensoriamento remoto, em função da dimensão do continente e das dificuldades logísticas para o desenvolvimento de trabalhos de campo. Dados de diferentes sensores podem ser utilizados em função dos propósitos de estudo (Maslanik e Barry, 1990). Para o monitoramento de geleiras das ilhas periféricas e na costa do continente, são utilizados imagens de satélites com boa resolução espacial, como o Landsat e Spot.

Para monitoramento de *icebergs*, são utilizados dados da série de satélites NOAA e mais recentemente do sensor MODIS, a bordo dos satélites Terra e Aqua. Essas imagens também são empregadas para o estudo das plataformas de gelo e para as grandes áreas do interior do continente Antártico.

O mapeamento da extensão do gelo marinho bem como a caracterização deste é realizada com sensores ativos, como o Radarsat, ERS-2 e outros. O uso do radar é amplamente empregado na Antártica e especialmente em relação ao gelo marinho, por diversos fatores: A extensa “noite polar” durante o inverno inviabiliza o uso de sensores passivos, além da constante cobertura de nuvens em algumas regiões e a saturação do sensor nos comprimentos de onda do visível em função do alto albedo da neve e do gelo (Hall e Martinec, 1985).

Os estudos geomorfológicos e geológicos nas raras áreas livres de gelo são realizados predominantemente com o uso de fotografias aéreas de escalas maiores, apoiados por trabalhos de verificação em campo.

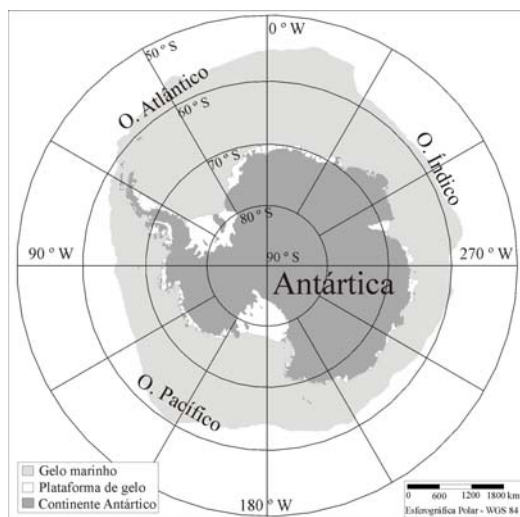


Fig. 1 – Área de estudo: O continente Antártico circundado pelas plataformas de gelo e mar congelado. (Modificado de Parkinson, 2002).

2. OBJETIVOS

Os objetivos visam demonstrar as potencialidades do uso do sensoriamento remoto como ferramenta para o estudo da Antártica e base de informação para o ensino de várias ciências em diferentes níveis escolares, especialmente nos níveis de graduação e pós-graduação, onde temas relacionados com a Antártica e mudanças ambientais são discutidos com maior profundidade.

Paralelamente, buscamos apresentar a experiência do grupo de sensoriamento remoto vinculado ao Núcleo de Pesquisas Antárticas e Climáticas (NUPAC), no uso dessa técnica para o estudo da morfologia glacial e monitoramento de geleiras para algumas ilhas periféricas ao continente Antártico.

3. METODOLOGIA

Fotografias aéreas e imagens de satélite obtidas por diferentes sensores foram analisadas para demonstrar a dinâmica glacial e os aspectos da geomorfologia glacial e periglacial. Foram obtidas imagens MODIS através do serviço de observação da Terra (*earth observatory*) da NASA para demonstrar a potencialidade desse sensor no mapeamento continental da Antártica e no monitoramento dos grandes *icebergs*. A alta resolução temporal deste sensor é um fator importante para acompanhar o deslocamento de *icebergs*.

Para monitorar a extensão frontal de geleiras na Baía do Almirantado - ilha Rei George (62°08'S - 58°50'W), na ilha Nelson (62°18'S - 59°03'W) e na ilha Joinville (63°15'S - 56°53'W), foram utilizados dados de diferentes fontes. As primeiras informações espaciais para essas ilhas foram obtidas com o levantamento aerofotogramétrico realizado em 1956 pela empresa canadense *Hunting Aerosurveys*, do qual foi derivado o primeiro mapeamento confiável realizado pelos ingleses

através do *Directorate of Overseas Survey* (DOS), e que na atualidade se constitui numa base cartográfica disponível em meio digital (*Antarctic Digital Database-ADD*), elaborada pela *British Antarctic Survey* – BAS (Bremer et al, 2004).

A essa base cartográfica foram integradas imagens Landsat através de Bennat et al (1998) que realizaram um mosaico de imagens deste satélite para toda a região da península Antártica e que se constitui atualmente na principal referência para realização de estudos relativos a glaciologia utilizando sensoriamento remoto nessa região.

Com o uso de imagens Spot e Landsat de diferentes datas e devidamente inseridas em um sistema de informações geográficas (SIG), é possível determinar a dinâmica das frentes das geleiras, verificando se está havendo avanço ou recuo das mesmas. As feições superficiais como os limites das bacias glaciais e a altura da linha de neve são detectados através da interpretação visual das imagens acopladas com o modelo digital de elevação do terreno.

Para elaborar a carta-imagem da ilha Rei George na escala 1:100.000, Braun et al (a), (2001) mosaicaram três imagens Spot e acoplaram informações temáticas como a altimetria e as toponímias das feições. Para efetuar o monitoramento das geleiras na Baía do Almirantado, na mesma ilha, Braun et al (b) (2001), utilizaram dados de sensoriamento remoto e levantamentos em campo para estudar a dinâmica das geleiras em quatro períodos entre 1956 e 1995. Simões et al (2001), utilizaram dados de sensoriamento remoto para estabelecer um SIG para a Baía do Almirantado, visando o gerenciamento ambiental dessa área densamente ocupada por estações de pesquisa de diversos países.

A ilha Nelson foi monitorada com o uso de imagens Landsat de 1973 (MSS) e 1989 (TM) e Spot (HRV-2) de 1991 por Ahlert e Simões (2002). Da mesma forma, a ilha Joinville foi estudada por Beck et al (2003), utilizando duas imagens Landsat(TM e ETM+) respectivamente dos anos de 1990 e 2000.

Essa metodologia baseada na análise de séries temporais de imagens tem se mostrado eficiente para monitorar o comportamento das frentes das geleiras, diante das evidências da elevação da temperatura atmosférica na região da península Antártica, apesar de alguns aspectos como a falta de pontos de controle no terreno para o georreferenciamento e eventualmente a saturação do sensor dificultarem as análises.

Os aspectos morfológicos do ambiente glacial são mostrados com maior detalhamento a partir de fotografias aéreas. O aerolevanteamento na escala de 1:11.000 realizado pela marinha real britânica (*Royal Navy*) em 1975 sobre a região costeira da ilha Rei George permite maior precisão na delimitação das frentes das geleiras (Bremer, 2004). Possibilita também a interpretação das

feições geomorfológicas periglaciais, como os depósitos de morainas.

Na atividade acadêmica, todos os passos que envolvem o sensoriamento remoto nas regiões polares são explanados, desde as peculiaridades na aquisição e das características técnicas dos dados até a interpretação dos resultados, passando por todas as etapas metodológicas de um trabalho de sensoriamento remoto na Antártica.

4. RESULTADOS

As aplicações do sensoriamento remoto para a Antártica são demonstradas a partir de uma seqüência de imagens do sensor Modis (figura 2), acompanhando a fragmentação do *iceberg* A38-B. A carta imagem da ilha Rei George de Braun et al (2001, (a)), apresenta os aspectos morfológicos superficiais do campo de gelo que recobre a ilha como a delimitação das bacias glaciais e as áreas de retração na Baía do Almirantado (figura 3).

O *iceberg* A38-B é um fragmento do *iceberg* A-38, que rompeu da plataforma de gelo Ronne em meados de outubro de 1998, tendo originalmente dimensão de 144 km de extensão por 48 km de largura. O Iceberg A38-B com comprimento superior a 45 km deslocou-se por mais de 3300 km até sua posição próxima a Ilha Geórgia do Sul (54°17'S - 36°30'W) em 12 de abril, onde voltou a se partir, conforme mostra a seqüência de imagens do sensor Modis (NASA, 2004). A formação de grandes *icebergs* é um processo natural na dinâmica glaciológica e não está associada com o quadro de aquecimento atmosférico.

O monitoramento das frentes das geleiras indica uma tendência de retração em todas as ilhas pesquisadas, especialmente das geleiras de maré, que estão com a frente flutuante sobre a superfície oceânica. A ilha Rei George apresentou uma perda de 7% da área de gelo ao longo das quatro décadas (1956 - 1995), com destaque para as geleiras que drenam para a Baía do Almirantado (Braun et al, 2001) (b). A figura 3 apresenta as áreas de recuo dentro da baía e a delimitação dos divisores glaciais das 70 bacias da ilha, determinadas pela topografia sub-glacial. A espessura máxima do gelo na ilha é de 357 metros e a linha de neve transiente está a uma altitude de 300 a 350 metros, apresentando tendência de elevação, provavelmente em resposta ao aquecimento atmosférico regional (Simões et al, 1999).

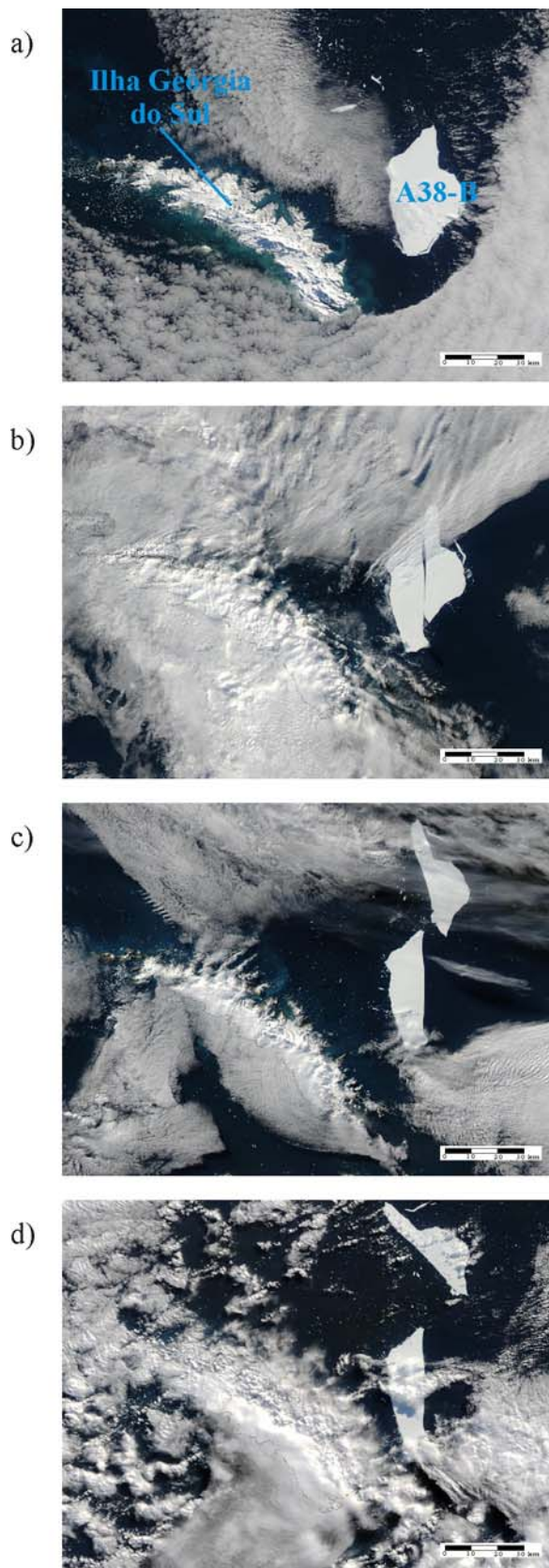


Fig. 02 – Série de imagens MODIS acompanhando o deslocamento do Iceberg A-38B. As datas das imagens são respectivamente: (a) 12 de abril; (b) 15 de abril; (c) 17 de abril; (d) 18 de abril, do ano de 2004.

A ilha Nelson apresenta uma área de 164,8 km² e 95% da área está recoberta por gelo. As nove bacias glaciais que drenam a ilha apresentam nítido controle estrutural, determinado por duas linhas de falhamento no sentido nordeste-sudoeste. O recuo das geleiras foi menos proeminente nessa ilha e concentrado na geleira Horácio que drena para a Baía Edgell (62°15'S - 59°00'W), que apresentou recuo frontal de 400 metros no período 1973-1991, o que corresponde à área de 0,6 km².

A ilha Joinville se constitui numa continuação geológica da península Antártica e está situada na fronteira entre dois sistemas climáticas. No noroeste, as temperaturas são mais amenas em função da passagem de ciclones que trazem ar úmido e quente. No leste, as temperaturas são menores em função da dinâmica do Mar de Weddell, que sofre a influência das massas de ar do interior do continente Antártico (King e Turner, 1997).

Essa ilha igualmente apresentou recuo nas geleiras, e de forma mais significativa nas geleiras que drenam para o

sul da ilha. A maior retração na porção central da ilha corresponde a 4,1 km², com recuo frontal de 600 e 950 metros nas duas principais geleiras.

As fotografias aéreas possibilitam trabalhar em escalas maiores e com melhor detalhamento das feições em relação as imagens de satélite. A influência topográfica na estruturação das bacias glaciais pode ser determinada com mais acurácia, bem como as feições glaciais superficiais, como linhas de fluxo e as fendas. As feições geológicas e geomorfológicas (i.e. terraços marinhos e os depósitos de moraina) podem ser identificados a partir destas e verificadas em campo através de técnicas complementares como a análise de sedimentos.

A temática de sensoriamento remoto polar constitui-se num dos tópicos das disciplinas de Geografia das regiões polares e Ambientes glaciais modernos, ministradas respectivamente no curso de graduação em Geografia e no programa de pós-graduação em

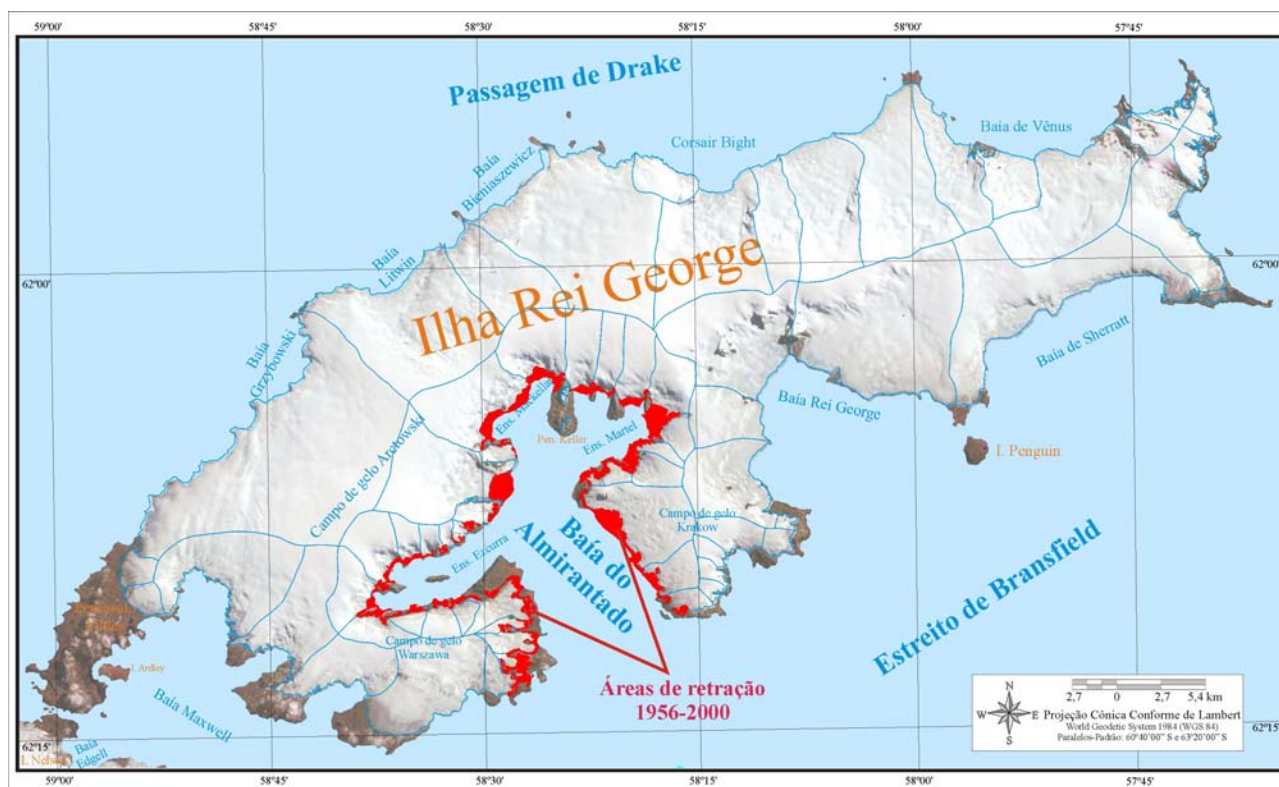


Fig. 3 - Carta-Imagem da ilha Rei George com a delimitação das bacias glaciais com a área de retração na Baía do Almirantado. Elaborada a partir de mosaico de imagens SPOT (Modificado de Braun et al, 2001).

Geociências, na Universidade Federal do Rio Grande do Sul, onde o potencial da aplicação e as restrições dessa técnica na área da glaciologia são abordados. O uso do sensoriamento remoto no ensino da glaciologia torna-se um diferencial por possibilitar a visualização espacial, no qual pode se situar as feições em relação ao contexto do entorno.

As informações derivadas do sensoriamento remoto, correlacionadas com outras informações como séries de dados meteorológicos, permitem a discussão de questões como o impacto do aquecimento atmosférico sobre o meio ambiente e em especial no derretimento de geleiras Antárticas.

5. CONCLUSÕES

O sensoriamento remoto tem se mostrado, uma ferramenta indispensável na pesquisa e ensino das temáticas relacionadas com a morfologia e a dinâmica glacial, onde as particularidades geográficas da Antártica são exploradas com o uso de dados de sensores de diferentes características.

O recuo na extensão das geleiras das ilhas na periferia da Antártica tem sido demonstrado com o uso dos recursos de sensoriamento remoto, demonstrando o potencial dessa ferramenta no monitoramento ambiental. Na interpretação de aspectos glaciais, é importante ter a noção do contexto espacial no qual esteja integrada toda a geleira, característica que é fornecida pelas imagens de satélite. O uso de fotografias aéreas fornece mais acurácia e informações na pesquisa de aspectos geomorfológicos.

O sensoriamento remoto se constitui numa ferramenta de pesquisa da Antártica e num recurso didático para o ensino no âmbito da graduação e pós-graduação universitária.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Ahlert, S.; J.C. Simões e J. Arigony, 2002, Monitoramento da calota de gelo da Ilha Nelson, Shetlands do Sul, X Seminário de Pesquisa Antártica, São Paulo, pp. 6.

Beck, C.D.; S. Ahlert e J.C. Simões, 2003, Sensoriamento remoto das bacias de drenagem da ilha Joinville, península Antártica, XI Seminário de Pesquisa Antártica, São Paulo, pp. 4.

Bennat, H., H. Heidrich, J. Grimm, J. Sievers, H. Walter e A. Wiedemann. 1998. Das "Geowissenschaftliche Informationssystem Antarktis"(GIA) am Institut für Angewandte Geodäsie (IfAG). Em Gossmann, H. (Ed.): Patagonien und Antarktis - Geofernerkundung mit ERS-1-Radarbildern. Petermanns Geographische Mitteilungen, Ergänzungsheft 287, 13 - 34.

Braun, M.; J.C. Simoes; N. Blindow; S. Vogt; U.F. Bremer; M. Pfender; H. Saurer; F. E. Aquino e F.A. Ferron, 2001 (a). The compilation of a DTM and a new satellite image map for King George Island, Antarctica. Geo-spatial Information Science, Vol. 4, Nº 2, pp. 47-51.

Braun, M.; F. Rau e J.C. Simoes, 2001 (b). A GIS-based glacier inventory for the Antarctic Peninsula and the South Shetland Islands – A first case study on King George Island. Geo-spatial Information Science, Vol. 4, Nº 2, pp 15-24.

Bremer, U.F.; J. Arigony e J.C. Simões, 2004. Teledetecção de mudanças nas bacias de drenagem da ilha Rei George, Ilhas Shetlands do Sul, Antártica, entre

1956 e 2000. Pesquisa Antártica Brasileira, Vol. 4, (no prelo).

Hall, D.K. e J. Martinec, 1985, Remote Sensing of ice and snow. Chapman, Londres, 189 páginas.

Maslanik, J.A e R.G. Barry, 1990, Remote sensing in Antarctica and the Southern Ocean: applications and developments. Antarctic Science Vol. 2, Nº 2, pp. 105-121

Parkinson, C.L., 2002, Trends in the length of the Southern Ocean sea-ice season, 1979-99. Annals of Glaciology, Vol. 34, Maryland-Estados Unidos, pp. 435–440.

King, J.C. e J. Turner, 1997, Antarctic Meteorology and Climatology, Cambridge University Press, Cambridge, 409 páginas.

National Agency of Space Administration, 2003, Earth observatory [on-line] Acessado em 28 de abril de 2004, e disponível em : http://earthobservatory.nasa.gov/Newsroom/NewImages/images.php3?img_id=16524.

Simoes, J.C.; F.A. Ferron; M. Braun; J. Arigony e F.E. Aquino, 2001. A GIS for the Antarctic Specially Managed Area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. Geo-spatial Information Science, Vol. 4 Nº 2, pp. 8-14.

Simões, J.C.; U.F. Bremer; F.E. Aquino e F.A. Ferron, 1999. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island, ice field, Antarctica. Annals of Glaciology, Vol. 29, Lanzhou – China, pp. 220–224.

Simões, J.C.; U.F. Bremer; N. Dani; F.E. Aquino; N.L.S. Gruber e K.C.J. Pires, 1995. Resultados Preliminares do Programa Glaciológico Brasileiro. Simpósio Nacional de Geografia Física Aplicada, Goiânia-GO, UFG, pp. 244-249.