

## LANDSAT 8 e a Península Antártica: potencialidades para diferenciação entre nuvens e neve

Carina Petsch<sup>1</sup>  
Kátia Kellem da Rosa<sup>1</sup>  
Luiz Felipe Velho<sup>1,2</sup>  
Jefferson Cardia Simões<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS  
Centro Polar e Climático – CPC. Avenida Bento Gonçalves, 9500 –Porto Alegre - RS, Brasil  
carinapetsch@gmail.com; katiakellem@gmail.com; jefferson.simoes@ufrgs.br

<sup>2</sup> Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul  
Campus Porto Alegre  
Rua Coronel Vicente, 281 – Porto Alegre – RS, Brasil  
luiz.velho@poa.ifrs.edu.br

**Abstract:** Glacier mass balance needs some meteorological parameters like precipitation to estimate accumulation and ablation. Thus, identify cloud cover pattern by remote sensing in the Antarctic Peninsula region provide this data and accurate this estimative. So, the aim of this work is analyze the use of Landsat 8 images to identify the cloud cover. A Landsat 8 scene from March 26, 2014 were selected and four different techniques were applied: (i) maximum likelihood classification, (ii) color composite images (RGB 753, 456 and 179), (iii) Normalized Difference Snow Index (NDSI), and (iv) reflectance values from band 9. The snow cover area were best detected by supervised classification. The success of the classifier is due to the fact that there are few targets in PA (sea, rock, snow and ice and clouds) facilitating the selection and delineation of samples for training the classifier. Snow and cloud high albedo difficult the targets separability using NDSI. To identify a lack of cloud thickness band 9 reflectance values is recommended. And color composite images could be used to identify different targets in glaciological researches providing difference in cloud thickness. Applying supervised classification and RGB 179 color composite image to images acquired in different months and meteorological conditions could be possible analyze the cloud cover pattern in this region.

**Palavras chave:** Polar Remote Sensing; Digital Image Processing, cloud, Sensoriamento Remoto Polar, Processamento Digital de Imagens, nuvem.

### 1. Introdução

A obtenção de dados de precipitação para o estudo do balanço de massa em geleiras e processos de degelo sazonal é difícil (MATSUDA *et al* 2006). Flutuações no degelo superficial e no balanço de massa dependem da radiação solar e da precipitação, ambos relacionados à cobertura de nuvens (WAGNON *et al.*, 2001; SICART *et al.*, 2001; UNEP, 2007; LAMBRECHT *et al.*, 2011). A estimativa de precipitação pela área de cobertura de nuvem e estudos de temperatura da nuvem podem possibilitar importantes análises glaciológicas (ASSAAD *et al.*, 2004). Estudos têm utilizado infravermelho para a estimação da variação espacial da precipitação (BRADLEY *et al* 1995).

Assim, o objetivo dessa pesquisa é analisar a potencialidade do uso das imagens LANDSAT 8 para a diferenciação dos alvos nuvem e neve para a área da Península Antártica, frequentemente coberta por nuvens. A Península Antártica (PA) é circundada pelos mares de Bellingshausen e Weddell (Figura 1) e estende-se quase longitudinalmente entre as latitudes 63°S e 75°S, sendo composta por um platô interno com elevação média de 1500 m (AHLERT, 2005). Devido a essas características geográficas ela torna-se um importante controlador do clima, da circulação marinha e da dinâmica glacial da Antártica Ocidental (KING e TURNER, 1997).

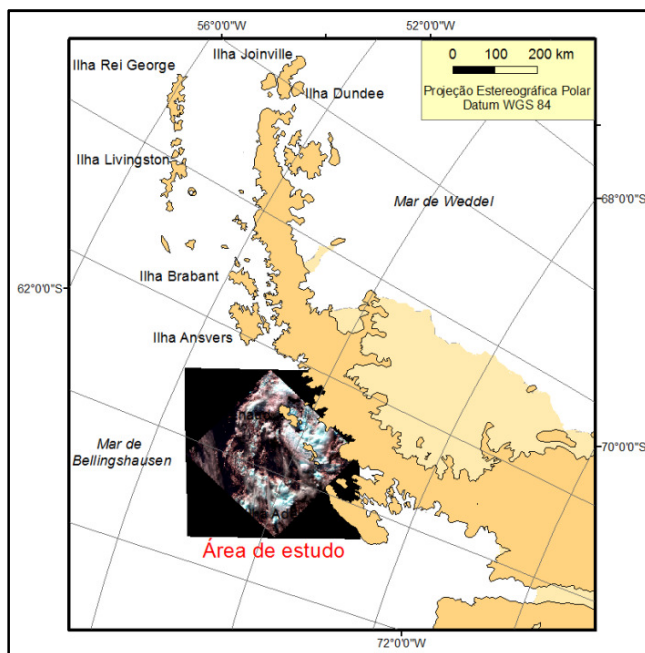


Figura 1. Localização da Península Antártica e da imagem Landsat 8 utilizada.

## 2. Materiais e métodos

Foi adquirida uma imagem Landsat 8, do dia 26 de março de 2014, através do portal Earth Explorer do serviço geológico estadunidense (USGS). Para o georreferenciamento, utilizou-se uma cena do Landsat 7, de 27 de setembro de 1999, pertencente ao Mosaico de Imagens Landsat da Antártica (LIMA). O erro médio quadrático do georreferenciamento foi de 0,65 pixel e os procedimentos foram realizados no ENVI 4.8. A base cartográfica vetorial da área de estudo foi adquirida no *Antarctic Digital Database (ADD)*, disponibilizada na projeção Plana Polar Estereográfica e sistema geodésico de referência WGS84.

Para a diferenciação dos alvos nuvem e neve, foram selecionados alguns métodos de visualização e/ou processamento: (i) composição colorida; (ii) classificação supervisionada; (iii) valores de reflectância aparente da banda 9; e (iv) índice de neve por diferença normalizada.

Os processamentos aplicados na imagem Landsat 8 estão abaixo descritos:

- **Composição de bandas:** Testes de composições RGB, utilizando as bandas de 2 a 9 (Tabela 1), visando obter as melhores diferenciações dos alvos de nuvem e neve.

Tabela 1: Características das bandas do Landsat 8.

<b>Bandas do Landsat 8</b>	<b>Comprimento de onda (nm)</b>	<b>Resolução (m)</b>
Banda 1 – Coastal aerosol	0.43 – 0.45	30
Banda 2 – Azul	0.45 – 0.51	30
Banda 3 – Verde	0.53 – 0.59	30
Banda 4 – Vermelho	0.64 – 0.67	30
Banda 5 – Infravermelho próximo	0.85 – 0.88	30
Banda 6 – Infravermelho médio	1.57 – 1.65	30
Banda 7 – Infravermelho médio	2.11 – 2.29	30
Banda 8 – Pancromática	0.50 – 0.68	15
Banda 9 – Nuvens	1.36 – 1.38	30
Banda 10 – Infravermelho Termal	10.60 – 11.19	100
Banda 11 – Infravermelho termal	11.50 – 12.51	100

- **Classificação supervisionada:** Foram aplicados os classificadores MAXVER (Máxima Verossimilhança), Paralelepípedo e Mínima Distância. Para a classificação supervisionada foi necessário adquirir amostras de treinamento (ferramenta ROI do *software* ENVI) com a atribuição aos conjuntos de pixels, que possuem características espectrais comuns entre si, de uma assinatura espectral que indica que tal conjunto representa um tipo específico de alvo. Foram determinadas 4 classes, sendo elas: mar, neve, nuvens de menor e de maior espessura, e o número de amostras adquiridas para cada classe foi de 25.
- **Banda 9:** foi realizada a conversão dos dados brutos (Números Digitais) em valores físicos (reflectância) no *software* ENVI (Equação 1):

$$\rho\lambda' = M_p Q_{cal} + A_p \quad (1)$$

sendo,

$\rho\lambda'$  = Reflectância sem correção do ângulo solar;

$M_p$  = Fator de redimensionamento multiplicativo para a banda específica (disponível no metadata);

$A_p$  = Fator de redimensionamento aditivo para a banda específica;

$Q_{cal}$  = Valores de pixel calibrados e quantificados (DN).

- **NDSI** é análogo ao cálculo do Índice de Vegetação (NDVI) (TUCKER, 1979) e utiliza a alta e a baixa reflectância da neve nos intervalos espectrais do visível (verde) e da região das ondas curtas de infravermelho, respectivamente. Esse processamento foi realizado com a ferramenta “Matemática de bandas” do *software* ENVI. O NDSI é definido pela seguinte relação e varia de -1 a +1 (Equação 2):

$$NDSI = (OLIR \text{ banda } 3 - OLIR \text{ banda } 7) / (OLIR \text{ banda } 3 + OLIR \text{ banda } 7) \quad (2)$$

### 3. Resultados e discussões

#### 3.1. Composição RGB

A composição RGB 179 (Figura 2a) apresentou maior potencial de uso para diferenciação de nuvens altas e baixas, visualizados em tons amarelados e rosados, respectivamente. Ressalta-se o potencial dessa composição para classificação de nuvens, já que envolve a banda 9 do Landsat 8, chamada Cirrus, e que tem por objetivo a detecção de nuvens. Já a composição 753 (Figura 2b), envolvendo bandas do Infravermelho Médio (7), infravermelho próximo (5) e do visível (3) apresentou uma representação do alvo neve, em branco, com o mar em vermelho. A composição 456 também permitiu uma boa visibilidade da área de gelo (em tons de amarelo). Essa composição permitiu uma distinção do alvo neve mesmo com uma fina camada de nuvem recobrando a área (Figura 2c). Para se diferenciar os alvos nuvens e neve é possível utilizar a porção do infravermelho médio do espectro eletromagnético (1,55–2,35  $\mu m$ ), banda 6 e 7 do Landsat 8, porquê nessa faixa as nuvens refletem quantidades substanciais de energia, enquanto que a reflectância da neve aproxima-se a zero (HALL e MARTINEC, 1985). Assim, as composições envolvendo a banda 7 se mostraram eficazes na diferenciação dos alvos (Figuras 2a-b).

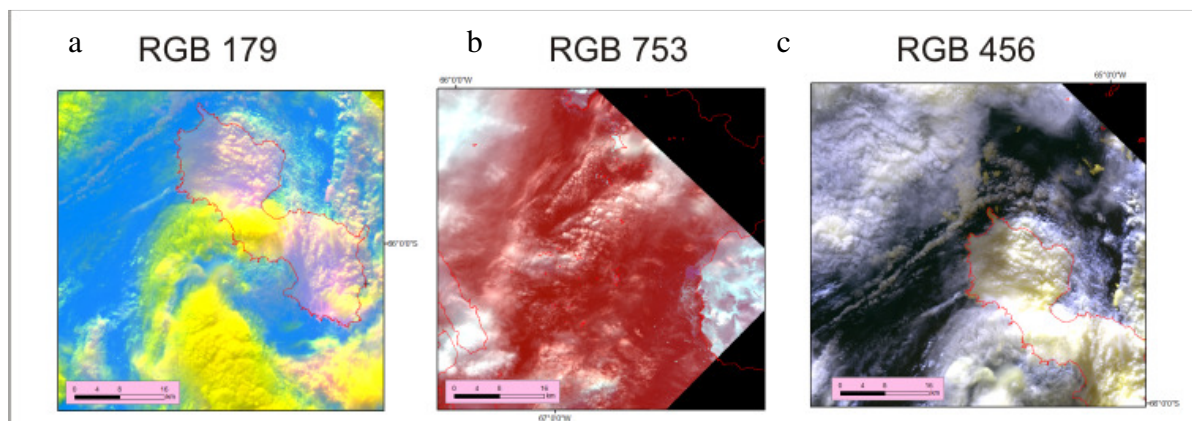


Figura 2. Composição RGB 179 (a), RGB 753 (b) e RGB 456 (c).

### 3.2. Classificação supervisionada: Paralelepípedo, Mínima distância e Máximaverrosimilhança (MAXVER)

Segundo Novo (2011) o classificador Paralelepípedo são limitados pelo maior e pelo menor valor de pixels contidos em agrupamentos pré-escolhidos, determinados pelas amostras de treinamento. A classificação com base na composição RGB 753 (Figura 3a e d), apresenta confusão de classes neve e nuvens de menor espessura, e nas de maior espessura ocorreram vários problemas na classificação (em preto). Há uma confusão entre as classes, portanto não se recomenda seu uso. Quanto ao classificador Mínima Distância (Figura 3b), este determina a distância espectral entre a medida do vetor do pixel candidato e o vetor médio para cada assinatura (LILLESAND e KIEFER, 2000), e resultou na delimitação com maior precisão apenas da água de mar, com confusão entre as demais classes.

O MAXVER é um método “pixel a pixel”, que considera a ponderação das distâncias entre as médias dos níveis digitais das classes cujas amostras de treinamento foram definidas, utiliza parâmetros estatísticos e ajuste segundo uma distribuição gaussiana (NOVO, 2011). Entre as 3 classificações (Figura 3 c), foi o que apresentou melhores resultados. Destacando a precisão considerável no apontamento das áreas com neve e gelo, além da classificação somente de nuvens visualmente muito espessas (alta reflectância). Altamente recomendável o uso desse classificador em detrimento dos outros dois.

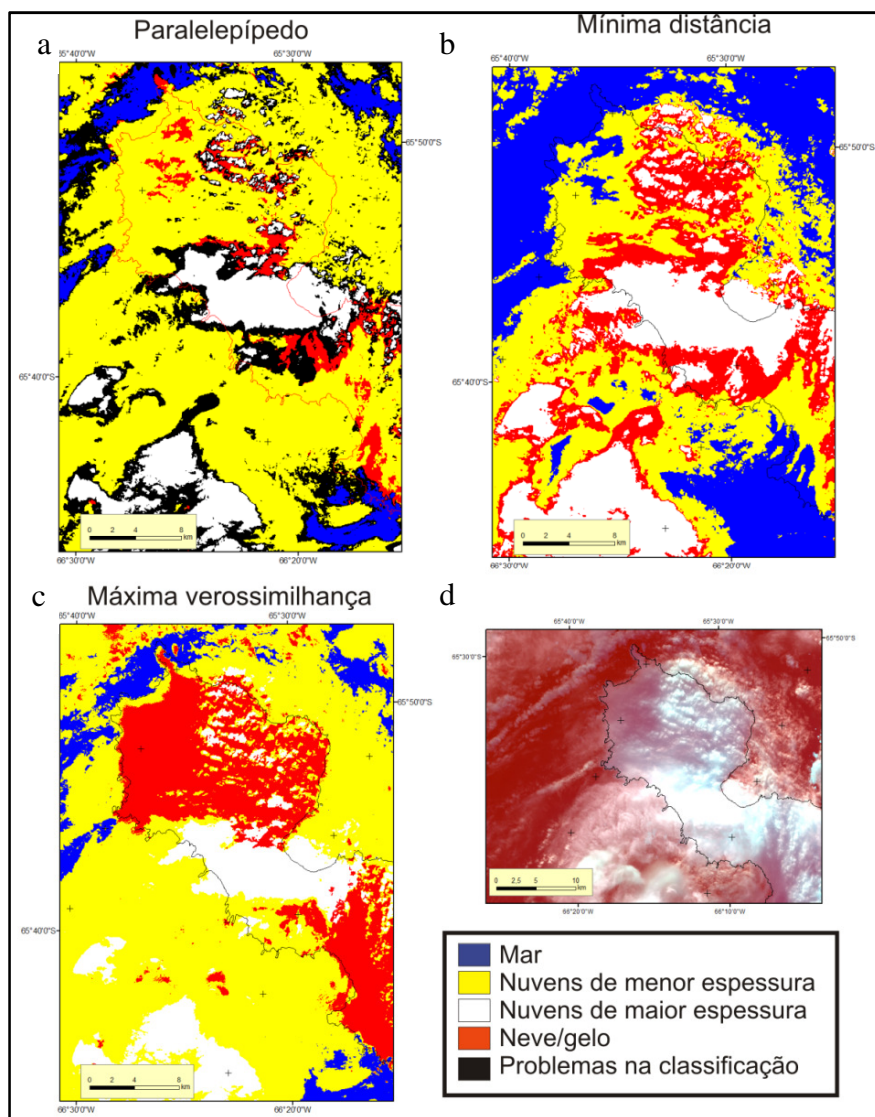


Figura 3. Classificação supervisionada por Paralelepípedo (a), Mínima Distância (b) e Maxver (C). Composição RGB 753 (d).

### 3.3 Potencialidades da banda 9: reflectância na classificação de nuvens

Destaca-se a importância revelada da banda 9 para estudos glaciológicos, já que através de uma simples classificação utilizando os valores de reflectância é possível diferenciar nuvens altas do tipo Cumulus, e nuvens mais finas do tipo Cirrus (Figura 4).

Choi e Bindschaler (2004) ressaltam que procedimentos automatizados para detecção de nuvens têm vários usos. Uma das principais aplicações é auxiliar nas buscas de arquivos de imagens ópticas já que muitas vezes imagens com fina camada de nebulosidade normalmente podem ser ignoradas. Uma avaliação incorreta da camada de nuvens pode levar a uma má utilização dos recursos da imagem de satélite.

Nesse caso, da banda 9, a diferenciação automática e simples de nuvens altas e baixas, podem ajudar a compreender aspectos climáticos da Península Antártica, além de viabilizar o uso de um número maior de imagens ópticas, ao diferenciar os alvos nuvem e neve.

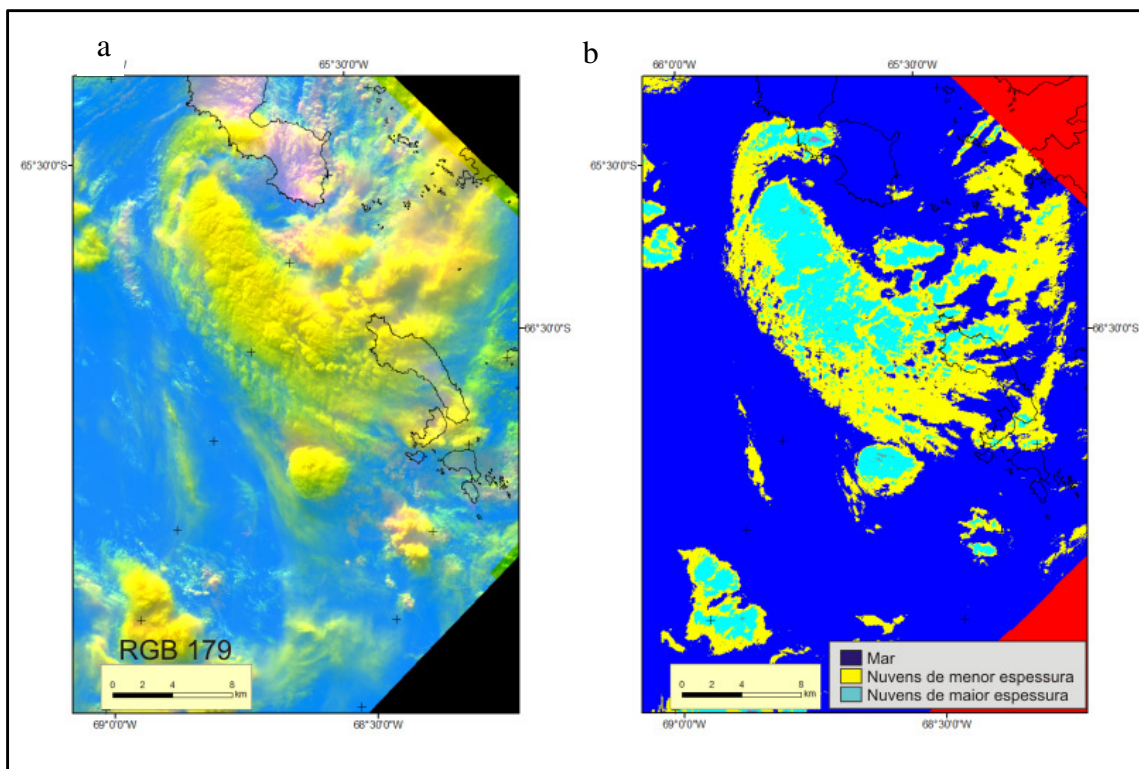


Figura 4. Na composição RGB 179 (a) destaca-se em amarelo nuvens espessas, e áreas de neve e gelo em aspecto rosado. Classificação de nuvens por espessura (b).

### 3.4 NDSI

O NDSI permite discriminar nuvens, da neve e também pode delinear e mapear a neve na montanha e em locais sombreados (KULKARNI *et al*, 2002). O NDSI ressaltou as áreas de nuvens espessas e delimitou com precisão a área da ilha Renaud (em branco) e não apresentou potencial para identificação de nuvens pouco espessas. Contudo, pelo fato de apresentar as nuvens e neve com o mesmo valor, uma delimitação automática desses alvos, usando NDSI, não é recomendável. Em vermelho, foram classificadas áreas com neve e gelo sem cobertura de nuvens (Figura 5).

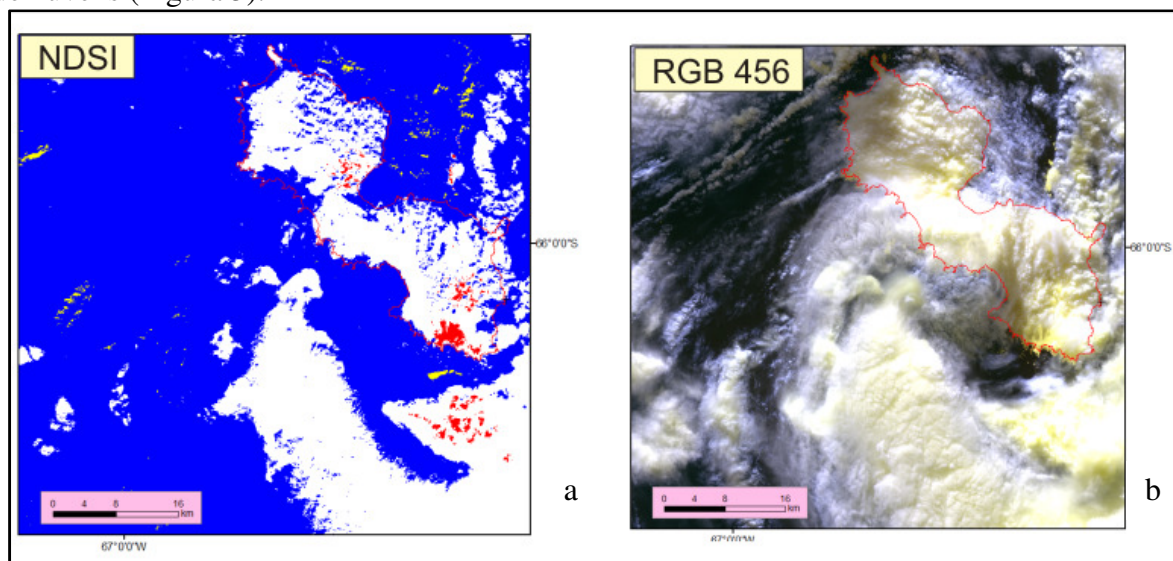


Figura 5. Aplicação do NDSI (a); Composição RGB 456 (b).

Ressalta-se que não foi realizada a correção atmosférica para a imagem Landsat 8, o que provavelmente prejudicou os resultados obtidos no NDSI, uma vez que a atmosfera na PA é muito complexa. Em certas circunstâncias, a correção da imagem é necessária para uma classificação e detecção de mudanças de utilizando imagens multitemporais (DUGGIN e ROBINOVE, 1990).

#### 4. Considerações finais

A potencialidade do uso da banda 9 e da composição RGB 179 na Península Antártica é destacável pelo fato desta permitir somente imageamento de áreas com nuvens, e ainda sendo possível através de análises de reflectância obter a separação de nuvens de maior e menor espessura. Essa classificação de tipos de nuvens será interessante para estudos envolvendo radiação, precipitação de neve e para entender aspectos climáticos da região.

As composições RGB 753 e RGB 456 apresentaram grande potencial na diferenciação de alvos nuvem e neve. Recomenda-se trabalhos que permitam matemática de bandas para obter melhores resultados nessa diferenciação. O NDSI, devido sua confusão entre alta reflectância de nuvens e neve, seria recomendado para diferenciação desses alvos somente com nuvens menos espessas. Contudo, salienta-se que a cobertura de nuvens e a influência atmosférica, por partículas e gases, prejudica de maneira diferente cada banda, então ao fazer o Índice de Neve envolvendo duas bandas a interferência aumenta.

Já a classificação supervisionada obtida com o classificador MAXVER apresentou uma boa delimitação da área de neve sob condições de nuvens pouco espessas. O êxito do classificador deve-se ao fato de haver poucos alvos na PA (mar, rocha, neve e gelo e nuvens) facilitando a escolha e delimitação de amostras para o treinamento do classificador.

**Agradecimentos:** Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

#### 5. Referências

- Ahlert, S. **Variações Morfológicas do Campo de Gelo da Ilha Brabant, Antártica**. Dissertação (Mestrado em Sensoriamento Remoto). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 116 p., 2005.
- Assad, F.A.; LaMoreaux, P.E.; Hughes, T. **Field Methods for Geologists and Hydrogeologists**. Springer, 378 p., 2004.
- Bradley, S. G.; Stow, C. D.; Laurenson, M. R. Estimation of the spatial variation of rainfall in the Southern Alps of New Zealand using single-channel infrared satellite images, **New Zealand Journal of Geology and Geophysics**, v. 38, n. 2, p. 159-169, 1995.
- Chander, G.; Markham, B. L.; Helder, D. L. Summary of current radiometric calibration coefficients for Landsat MSS, TM, ETM+, and EO-1 ALI sensors. **Remote Sensing of Environment**, v. 113, p. 893-903, 2009.
- Choi, H.; Bindschadler, R. Cloud detection in Landsat imagery of ice sheets using shadow matching technique and automatic normalized difference snow index threshold value decision. **Remote Sensing of Environment**, v. 91, n. 2, p. 237-242, 2004.
- Duggin, M. J., and Robinove, C. J. Assumptions implicit in remote sensing data acquisition and analysis. **Int. J. Remote Sens.** 11:1669-1694, 1990.
- Dozier, J. Spectral signature of alpine snow cover from the Landsat Thematic Mapper. **Remote Sensing of Environment**, v. 28, p. 9-22, 1989.
- Matsuda, Y.; Fujita, K.; Ageta, Y.; Sakai, A. Estimation of atmospheric transmissivity of solar radiation from precipitation in the Himalaya and the Tibetan Plateau. **Annals Glaciology**, v.43, p. 344-350, 2006.
- King, J. C.; Turner, J. **Antarctic Meteorology and Climatology**. Cambridge: Cambridge University Press, 409 p., 1997.
- Kulkarni, A. V.; Srinivasulu, J.; Manjul, S. S.; Mathur, P. Field based spectral reflectance to develop NDSI method for the snow cover; J. Indian Soc. **Remote Sensing**, v. 30, n. 1-2, p. 73-80, 2002.
- Lambrecht, C.; Mayer, W.; Hagg, V.; Popovnin, A.; Rezepkin, N.; Lomidze, D. Svanadze, D. A comparison of glacier melt on debris-covered glaciers in the northern and southern Caucasus. **The Cryosphere**, v. 5, p. 525-538, 2011.
- Lillesand, T.; Kiefer, R. **Remote Sensing and Image Interpretation**. New York: John Wiley & Sons, 724 p., 2000.

Lima. **Landsat Image Mosaic of Antarctica**. Disponível em: <http://lima.usgs.gov/>. Acesso em: 14 de abril de 2013.

Hall, D. K.; Martinec, J. **Remote Sensing of Ice and Snow**. Londres: Chapman, 189 p., 1985.

Novo, E. M. L. M. **Sensoriamento Remoto - Princípios e Aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 308 p., 2011.

Sicart, J. E.; Hock, R.; Ribstein, P.; Litt, M.; Ramirez, E. Analysis of seasonal variations in mass balance and meltwater discharge of the tropical Zongo Glacier by application of a distributed energy balance model. **Journal Geophysical Research**, v. 116, 2011. DOI doi/10.1029/2010JD015105.

Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation; **Remote Sensing Environment**, v. 8, p. 127–150, 1979.

UNEP. **Global Outlook for Ice and Snow**. Nairobi: UNEP/GRID-Arendal, 2007, Disponível em: [http://www.unep.org/geo/geo\\_ice/](http://www.unep.org/geo/geo_ice/). (Acessado em Julho 2014.)

Wagnon, P.; Ribstein, P.; Francou, B.; Sicart, J. E. Anomalous heat and mass budget of Zongo Glacier Bolivia, during the 1997-98 El Nino year, **Journal of Glaciology**, v. 47, p. 21–28, 2001.