

Classificação morfológica das geleiras da ilha Brabant, Antártica através de sensoriamento remoto

Siclério Ahlert^{1,2}, Jorge Arigony^{2,3}, Jefferson Cardia Simões^{1,2}

¹ Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Av. Bento Gonçalves, 9500 - Campus do Vale
Caixa Postal 15044 - 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
siclerio@yahoo.com.br

² Núcleo de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas
Universidade Federal do Rio Grande do Sul
Avenida Bento Gonçalves, 9500 - Bairro Agronomia
CEP: 91501-970 - Porto Alegre - RS - Brasil
jefferson.simoes@ufrgs.br

³ Institut fuer Physische Geographie
Albert-Ludwigs-Universitaet Freiburg
Werdering 4 D - 79085 Freiburg - Germany
jorge.arigony@geographie.uni-freiburg.de

Abstract: This paper presents the results of the investigations about the Brabant Island, Antarctic Peninsula, studied using remote sensing data integrated with other GIS data as topography and glaciological approaches. This work was centered in the analyses of the glacial morphology and ice dynamics. The glacial morphology parameters were analyzed to systematize the classifications of the glaciers.

Keywords - Palavras-chave: Antarctic, glacial morphology, polar remote sensing, Antártica, morfologia glacial, sensoriamento remoto polar.

1. Introdução

A Antártica é um continente com área de quatorze milhões de quilômetros quadrados, o que corresponde a aproximadamente 1,6 vezes a extensão territorial do Brasil. A importância desse continente reside especialmente na regulação do quadro climático global, sendo um grande absorvedouro de calor oriundo das regiões tropicais e equatoriais e influenciando a circulação oceânica global (King e Turner, 1993).

As geleiras e plataformas de gelo estão entre os mais fascinantes e espetaculares fenômenos da Terra e na atualidade recobrem cerca de 10 % da superfície terrestre. A diversidade de formas das geleiras é derivada das características climáticas e topográficas, o que faz com que a morfologia de uma geleira seja única em função da sua localização na superfície terrestre. Consequentemente, uma grande diversidade de feições glaciais pode ser encontrada, desde uma pequena geleira até o manto de gelo, como o que recobre a Antártica (Benn e Evans, 1998; Paterson, 1993).

Essa diversidade de aspectos estruturais e morfológicos das geleiras pode ser sistematizada por diferentes critérios, basicamente topográficos. A primeira e ampla proposta de sistematização para a classificação de geleiras foi feita pela UNESCO em 1970 através do *World Glacier Monitoring Service* (WGMS). Esta proposição abrange sete classes de análise, incluindo além dos aspectos morfológicos, critérios da dinâmica e sedimentação glacial. Diante do avanço das técnicas de sensoriamento remoto e a possibilidade do estudo da

morfologia glacial com o uso deste recurso, está sendo implementado o projeto internacional *Global Land Ice Measurements from Space (GLIMS)*, inicializado pelo *United States Geological Survey (USGS)*, visando a realização de um inventário completo das geleiras do planeta (Rau et al, 2004). No presente trabalho, vamos utilizar as informações de sensoriamento remoto para efetuar a classificação morfológica de geleiras.

2. Área de estudo

A ilha Brabant tem área de 915 km² e está localizada entre as coordenadas 64°S e 64° 35'S; 62°W e 62° 45'W, integrando o Arquipélago Palmer, Península Antártica, separada do continente pelo Estreito de Gerlache por uma distância que varia entre 25 e 30 km. A **figura 1** apresenta os mapas da Antártica (A), com destaque para a região da Península Antártica, onde se localizam a ilha analisada (B). A **figura 2** apresenta o mapa da ilha Brabant, com a sobreposição das curvas de nível e a toponímia das feições geográficas.

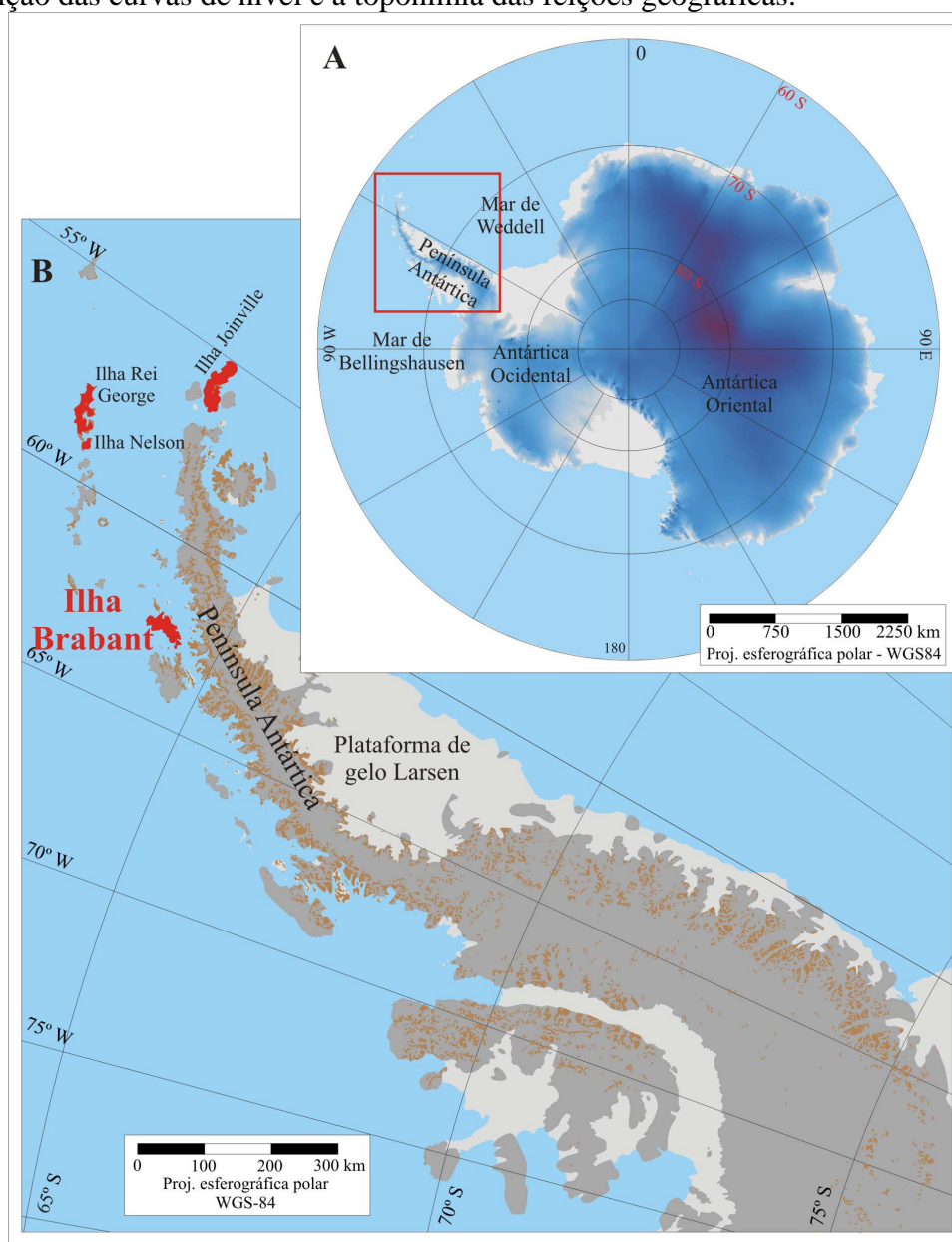


Figura 1: Mapa de localização da península Antártica em relação ao continente Antártico (A) e da ilha Brabant em relação à Península Antártica (B).

4. Base de dados e metodologia

A base de dados do trabalho se constitui de duas imagens da série de satélites LANDSAT, obtidas respectivamente pelo sensor TM do LANDSAT 4 sob a órbita-ponto 219/105 em 26 de novembro de 1989 e pelo sensor ETM+ do LANDSAT 7 na órbita-ponto 218/105 em 21 de fevereiro de 2001 (período temporal de 12 anos). Complementarmente foi utilizada a base de dados da *Antarctic Digital Database (ADD)*, especialmente a topografia da ilha. Todos os dados foram padronizados cartograficamente para a projeção UTM (Faixa 20 sul) e datum WGS 84.

A metodologia empregada para a classificação taxonômica das geleiras desenvolvida pelo IPG e NSIDC é baseada na utilização de nove critérios (categorias). O primeiro critério é a identificação e localização da geleira gerando um código identificador derivado da latitude e longitude da mesma. Os demais critérios buscam abordar os aspectos principais da morfologia (classificação primária, forma, característica frontal, característica longitudinal), dinâmica do gelo e comportamento (origem da massa glacial, dinâmica da língua de gelo) e a atividade geológica (tipo de moraina e cobertura da língua de gelo). Todas as categorias apresentam diversas classes, conforme é detalhado na **tabela 1**. Para aprofundar o entendimento conceitual dos termos glaciológicos abordados, recomenda-se consultar o artigo de Simões (2004).

Classificação	Classes
<i>Código</i>	Gerado em função da latitude e longitude de um ponto referencial da geleira
<i>Classificação Primária</i>	Incerta ou mais de uma classe; Manto de gelo; Campo de gelo; Calota de gelo; Geleira de descarga; Geleira de vale; Geleira de montanha; Campo de neve; Plataforma de gelo; Geleira de rocha; Corrente de Gelo
<i>Forma</i>	Incerta ou mais de uma classe; Bacias de drenagem compostas; Bacia de drenagem composta; Bacia de drenagem simples; Geleira de anfiteatro; Geleira de Nicho; Geleira de Cratera; Flanco de gelo; Grupo de pequenas geleiras; Gelo remanescente
<i>Característica Frontal</i>	Normal ou mais de uma classe; Piemonte; Expandida; Lóbulo; Desprendimento; Coalescente não contribuinte; Desprendimento e Piemonte; Desprendimento e Expandida; Desprendimento e Lóbulo; Geleira tributária de Plataforma de Gelo; Geleira de Maré; Desprendimento seco; Confluente
<i>Característica Longitudinal</i>	Incerta ou mais de uma classe; Regular; Geleira Pendurada; Geleira Cascatada; Cascata de Gelo; Interrompida
<i>Origem da massa glacial</i>	Desconhecida ou indeterminada; Neve/ neve arrastada; Avalanches; Gelo sobreposto;
<i>Dinâmica da língua de gelo</i>	Incerto ou desconhecido; Retração marcante; Retração pequena; Estacionária; Avanço pequeno; Avanço marcante; Possível surge; Surge conhecido; Oscilante; Desprendimento seco
<i>Tipo de moraina</i>	Sem moraina; Moraina terminal (1); Moraina lateral e/ou central (2); moraina de empurrão (3); Combinação de 1 e 2; Combinação de 1 e 3; Combinação de 2 e 3; Combinação de 1, 2 e 3; Fragmentos; Moraina de tipo incerto ou desconhecido
<i>Cobertura da Língua de gelo</i>	Gelo limpo, Gelo levemente sujo, Gelo sujo, Gelo recoberto por sedimentos

Tabela 1: Fluxograma para classificação morfológica de geleiras.

Para efetuar a classificação das geleiras, é necessário inicialmente, delimitar as bacias de drenagem glacial. Esse procedimento é realizado através da interpretação visual dos aspectos de textura e padrão da imagem, em conjunto com as informações topográficas. Cabe salientar que a equidistância das curvas de nível da base digital da ADD é de 250 metros, aspecto que não contribui muito na delimitação das bacias glaciais, o que faz com que tenhamos que recorrer principalmente a interpretação das imagens.

5. Resultados

A compartimentação da drenagem glacial é apresentada na figura 3. A ilha apresenta cerca de setenta e sete bacias glaciais de tamanhos e características diferenciadas. Esse número de bacias glaciais pode ser maior, dadas as restrições dos dados altimétricos e as características das imagens LANDSAT, cuja resolução espacial não permite grande detalhamento. Mais da metade dessas bacias são de pequeno tamanho (inferior a 5 km²), e concentradas no setor sul da ilha junto ao canal Schollaert e na parte leste, junta ao Estreito de Gerlache, onde estão as regiões mais acidentadas topograficamente.

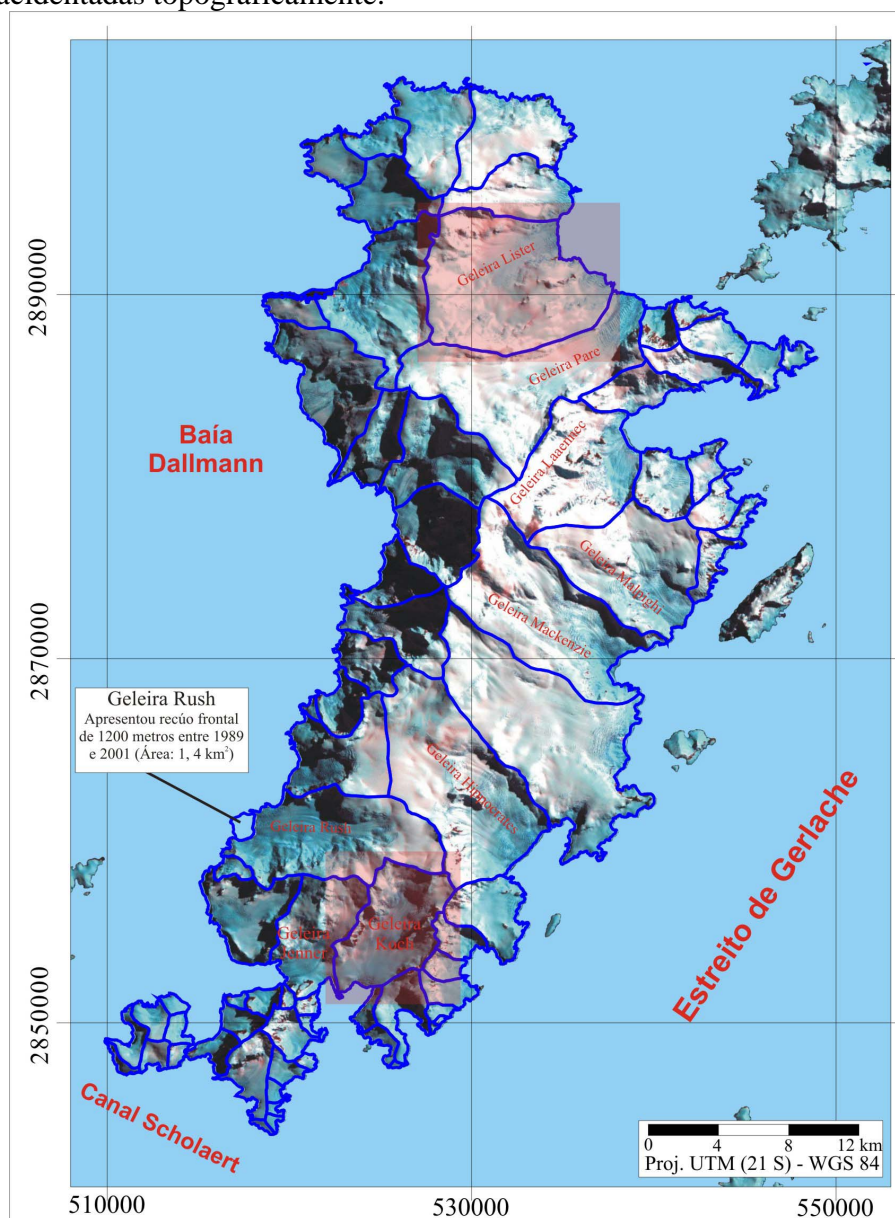


Figura 3: Delimitação das bacias de drenagem glacial da ilha Brabant.

Do ponto de vista da morfologia, foram escolhidas duas grandes bacias glaciais para serem analisadas e detalhadas. As **figuras 4 e 5** e as **tabelas 2 e 3** descrevem respectivamente as geleiras Koch e Lister. A geleira Koch, localizada no setor sul da ilha, apresenta uma área de 29,1 km². Já a geleira Lister, tem dimensões bem maiores com área de 61.3 km².

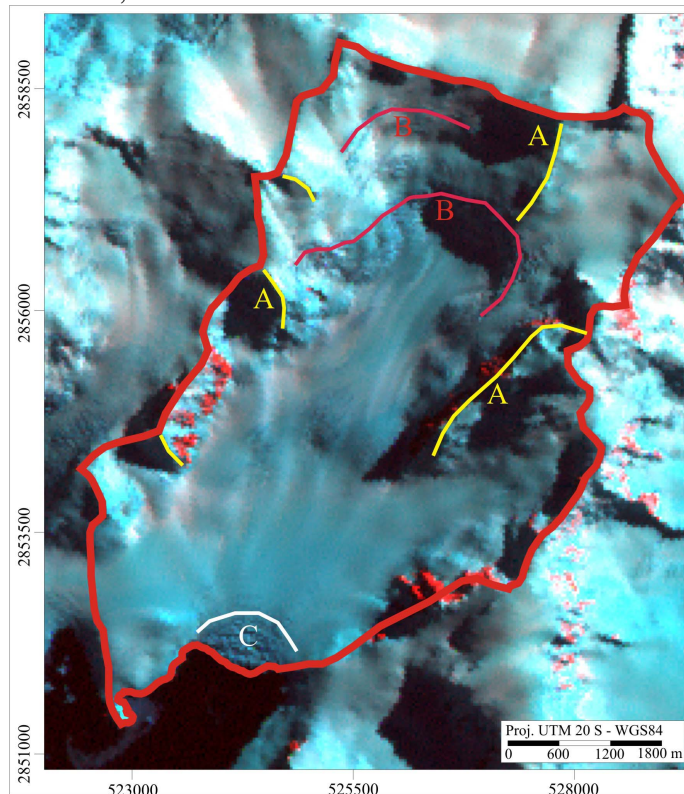


Figura 4: Delimitação da bacia glacial da geleira Koch

Classificação	Classes
Nome	Koch
Código	G297508E64443S
Classificação primária	Geleira de vale
Forma	Bacia composta
Característica frontal	Desprendimento
Característica longitudinal	Cascatada
Origem da massa glacial	Neve/ neve arrastada
Dinâmica da língua de gelo	Estacionária

Tabela 2: Classificação morfológica da geleira Koch

A classificação primária da geleira Koch é de geleira de vale, definida pela topografia bem encaixada de uma bacia composta, com subdivisões no seu interior (A). A característica longitudinal reflete as alterações topográficas do substrato da geleira, o que identifica a geleira como cascatada (B) e por conseqüência, apresentando uma série de fendas. A característica frontal é de uma geleira de desprendimento, identificado com a letra C na **figura 4**, podendo eventualmente em algum setor ter características de geleira de maré. Durante o período 1989-2001, a geleira praticamente não apresentou variação na sua extensão frontal, o que a configura como uma geleira estacionária. A origem da massa glacial, em toda a ilha, ocorre através da precipitação da neve e do seu transporte pelo vento.

Já a classificação morfológica da geleira Lister (**figura 5 e tabela 3**) indica que esta geleira se constitui igualmente numa geleira de vale, circundada por elevações topográficas

contudo, menos evidentes e recobertas por neve e gelo. Caracteriza-se como uma bacia simples, apesar de apresentar uma difusão no fluxo glacial (A) e o perfil longitudinal se apresenta regular (B), pela não evidência da ocorrência de fendas. A parte frontal da geleira apresenta-se fraturada, indicando características mistas de geleira de maré com possíveis locais de desprendimento. A extensão frontal da mesma também não variou no período analisado.

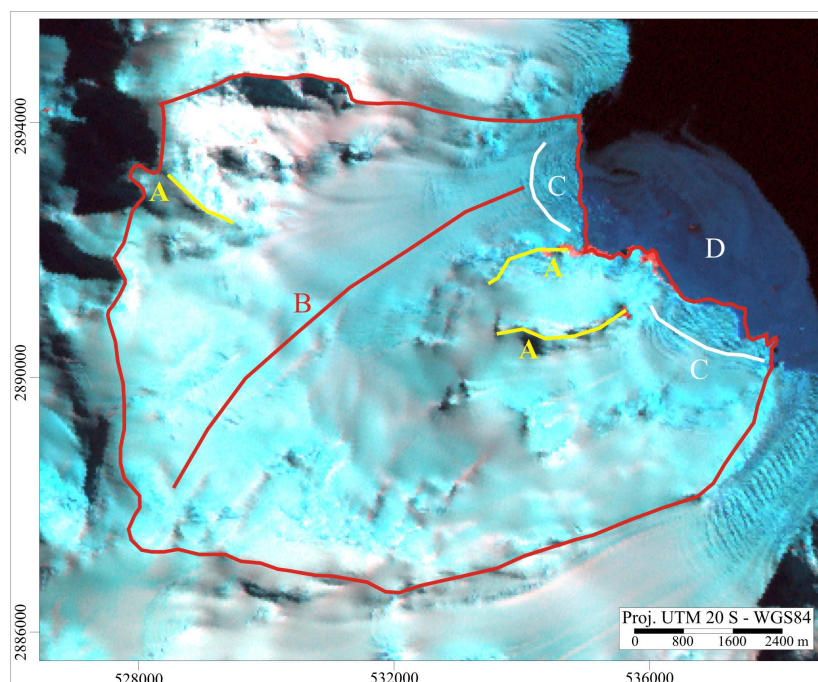


Figura 5: Delimitação da bacia glacial da geleira Lister

Classificação	Classes
Nome	Geleira Lister
Código	G297648E64097S
Classificação primária	Geleira de vale
Forma	Bacia simplês
Característica frontal	Geleira de maré/ desprendimento
Característica longitudinal	Regular
Origem da massa glacial	Neve/ neve arrastada
Dinâmica da língua de gelo	Estacionária

Tabela 3: Classificação morfológica da geleira Lister

Os critérios ‘tipo de moraina’ e ‘cobertura da língua de gelo’ não foram analisados, devido as restrições inerentes as imagens de satélite. Para a análise desses critérios, bem como para averiguação dos outros, seria importante a realização de trabalhos de campo, não viabilizados no âmbito deste trabalho.

A variação da extensão frontal das geleiras, ocorreu de forma significativa, somente na geleira Rush (**figura 3**), que apresentou um recuo de 1200 metros nos 12 anos analisados. Essa geleira apresenta características frontais de geleiras de maré. Trabalhos desenvolvidos por Simões et al (1999), Ahlert et al (2002) e Beck et al (2003), respectivamente nas ilhas Rei George, Nelson e Joinville (**figura 1**) mostram que essas ilhas também apresentam geleiras com significativos recuos frontais, especialmente das geleiras de maré. O recuo mais pronunciado em geleiras que sofrem a influência do oceano, pode ser indicativo de alterações

no processo de interação oceano-gelo-atmosfera, haja vista a tendência de aquecimento atmosférico já constatado na região da Península Antártica.

6. Conclusões

A metodologia proposta para a classificação morfológica de geleiras a partir de dados de sensoriamento remoto é extremamente eficiente pela sua praticidade e como potencial para correlacionar a dinâmica da variação do gelo com os aspectos estruturais e morfológicos das geleiras.

As bacias de drenagem glacial da ilha Brabant foram delimitadas e suas principais características foram identificadas, indicando que a morfologia da ilha é bastante variada, especialmente nas características longitudinais das geleiras.

O estágio atual de abordagem pode ser incrementado com o aumento da escala de análise, utilizando dados de sensores com maior resolução espacial, propiciando uma classificação mais detalhada. É importante salientar também a necessidade da realização de trabalho de campo para verificar a acurácia dos resultados e complementar a caracterização das geleiras.

A dinâmica das frentes das geleiras da ilha tem se mantido praticamente estável no período analisado, com exceção da geleira de maré Rush, que apresentou recuo significativo, fato que também é constatado em geleiras de ilhas periféricas a Antártica que apresentam a mesma característica frontal.

7. Bibliografia

- Ahlert, S.; Arigony Neto, J.; Simões, J.C.. Monitoramento da calota de gelo da ilha Nelson, Shetlands do Sul. In: **X Seminário sobre Pesquisa Antártica Programa e Resumos**. São Paulo, USP, 2002, p. 6.
- Beck, C.D.; Ahlert, S.; Simões, J.C.. Sensoriamento remoto das bacias de drenagem glacial da ilha Joinville, Península Antártica. In: **XI Seminário sobre Pesquisa Antártica Programa e Resumos**. São Paulo, USP, 2003, p. 4.
- Benn, D.I.; Evans, D.J.A. **Glaciers and Glaciation**. London. Arnold. 1998, 734 p.
- British Antarctic Survey. **Antarctic Digital Database Version 2.0 Manual and bibliography**. Cambridge. Scientific Committee on Antarctic Research. 1998, 74 p.
- King, J.C.; Turner, J. **Antarctic Meteorology and Climatology**. Cambridge, Cambridge University Press. 1993, 409 p.
- Paterson, W.S.B. **Physics of Glaciers**. 3ª edição, London, Pergamon, 1994, 480 p.
- Rau, F.; Mauz, F.; Vogt, S.; Khalsa, S.J.S.; Raup, B. **Illustrated GLIMS Glacier Classification Manual Glacier Classification. Guidance for the GLIMS Glacier Inventory**. GLIMS Regional Center 'Antarctic Peninsula', Freiburg, 2004, 36 p.
- Simões, J.C.; Bremer, U.F.; Aquino, F.E.; Ferron, F.A. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island ice field, Antarctica. **Annals of Glaciology**. v. 29, p. 220-224, 1999.
- Simões, J.C. Glossário da língua portuguesa da neve, do gelo e termos correlatos. **Pesquisa Antártica Brasileira**. v. 4, p. 119-154, 2004.