

ELABORAÇÃO DE UM MAPA TOPOGRÁFICO NA ESCALA 1:5.000 PARA A PENÍNSULA KELLER, ILHA REI GEORGE, ANTÁRTICA

*Compilation of a Topographic Map at a Scale of 1:5.000
for Keller Peninsula, King George Island, Antarctica*

Cláudio Wilson Mendes Júnior¹
Norberto Dani¹
Jorge Arigony Neto²
Jefferson Cardia Simões¹
Luiz Felipe Velho¹
Rafael da Rocha Ribeiro¹
Ildo Parnow¹
Ulisses Franz Bremer¹
Edvaldo Simões da Fonseca Júnior³
Herbert Johannes Bernhard Erwes⁴

¹ **Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS**
Centro polar e Climático - CPC

Avenida Bento Gonçalves, 9500. Bairro Agronomia. Porto Alegre, RS - 91501-970 - Brasil
geoclaudio@yahoo.com.br, norberto.dani@ufrgs.br, jefferson.simoes@ufrgs.br,
lfvelho@gmail.com, rrr3@pop.com.br, ildoweb@yahoo.com.br

² **Universidade Federal do Rio Grande - FURG**
Laboratório de Monitoramento da Criosfera - LaCrio
Avenida Itália, km 8. Rio Grande, RS - 96201-900 - Brasil
jorgearigony@furg.br

³ **Universidade de São Paulo - USP**
Escola Politécnica – Laboratório de Topografia e Geodésia
Caixa Postal 61548. São Paulo, SP - 05424-970 - Brasil
edvaldoj@usp.br

⁴ **Instituto Militar de Engenharia - IME**
Seção de Engenharia Cartográfica
Praça General Tibúrcio, 80 (SE-6). Praia Vermelha. Rio de Janeiro, RJ - 22290-270 - Brasil
prado@ime.eb.br

RESUMO

A Península Keller (PK), localizada na ilha Rei George (arquipélago das *Shetland do Sul*), abriga a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) e é o cenário de diversas pesquisas nacionais e internacionais. Todavia, essa península não possuía ainda uma base cartográfica precisa e em escala de detalhe, com exceção para a área de entorno da EACF, já mapeada na escala 1:500. Assim, este artigo mostra a elaboração de um mapa topográfico para a PK na escala 1:5.000, pelo processamento de um estereopar de fotografias aéreas em estação fotogramétrica digital. Primeiramente, foram realizadas as orientações interna e externa das fotografias. Os pontos cotados gerados neste estudo e os da planta topográfica da EACF foram armazenados em um Sistema de Informação Geográfica (SIG), utilizado para produzir um Modelo Digital do Terreno (MDT). Curvas de nível com equidistância de 5 m foram extraídas desse MDT e estas foram utilizadas para elaborar o mapa topográfico da PK. Os dados planialtimétricos do mapa topográfico apresentam boa compatibilidade com os de outros mapas-base.

Palavras chaves: Ilha Rei George, Península Keller, Estação Comandante Ferraz, Mapa topográfico.

ABSTRACT

The Keller Peninsula (KP), on the King George Island (South Shetland Archipelago), shelters the Brazilian Comandante Ferraz Station (EACF) and it has been the site from several national and international research projects. However, this area has not yet been mapped in detail, except for the area around the EACF, which is mapped at 1:500. This work proposes the compilation of a new KP topographic map, at a scale of 1:5,000, by processing a stereopair of aerial photographs in a Digital Photogrammetric Station. Firstly, the interior and exterior orientation of the photographs were performed. The altimetric points generated by this study and from the EACF topographic plan were stored in a Geographical Information System (GIS), used to the generation of a Digital Terrain Model (DTM). Contour lines with 5 m intervals were derived from this DTM and were used to the elaboration of the KP topographic map. Verification of horizontal position and elevation data of the resulting map showed a good correlation with other maps.

Keywords: King George Island, Keller Peninsula, Comandante Ferraz station, Topographic map.

1. INTRODUÇÃO

A Península Keller (PK) está localizada na ilha Rei George (IRG), mais especificamente na baía do Almirantado (Fig. 1), a qual é uma área de especial interesse para o Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), pois além de abrigar a Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF), tem sido o

cenário de estudos logísticos, ambientais e de pesquisas científicas nacionais e internacionais. Porém, apesar de sua relevância no contexto da pesquisa antártica internacional, a PK ainda não dispõe de bases cartográficas em escalas grandes, necessárias para a representação de dados detalhados.

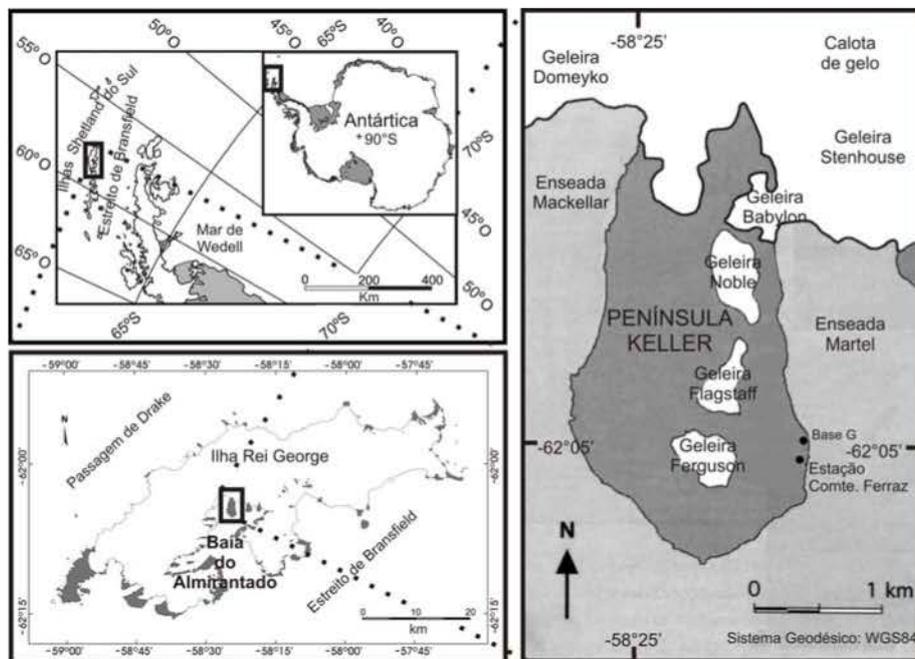


Fig. 1 – Localização da Península Keller, da EACF e da antiga Base G inglesa (removida em 1987).

O primeiro mapa planialtimétrico da PK foi elaborado em 1951, na escala 1:15.000, pelo *Directorate of Overseas Surveys* (DOS), do *British Government's Ministry of Overseas Development* (DOS, 1951). Em 1968, o DOS publicou o primeiro mapa confiável da IRG, na escala 1:200.000, através da restituição de fotografias aéreas métricas tomadas no verão de 1956-1957 (DOS, 1968; BREMER *et al.*,

2004). Em 1980, a Academia Polonesa de Ciências (em polonês, *Polskiej Akademii Nauk* - PAN) produziu um mapa topográfico da baía do Almirantado, na escala 1:25.000. Esse mapa foi elaborado a partir da restituição de fotografias aéreas métricas, tomadas em 1978 e 1979, por levantamentos topográfico e batimétrico e pela compilação de dados de mapas dessa região (PAN, 1980). Em 1990, o PAN publicou uma nova edição

desse mapa topográfico, na escala 1:50.000, com curvas de nível com equidistância de 25 m (BATTKE, 1990). A Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil (DHN) realizou levantamentos geodésicos, topográficos e batimétricos no verão de 1983-1984, que resultaram na publicação em 1984 da carta batimétrica da baía do Almirantado, na escala 1:40.000 (ERWES, 1984). Uma segunda edição dessa carta foi publicada em 1992, atualizada por levantamentos realizados em 1984-1985 (DHN, 1992; SOUZA, 2008).

A base cartográfica mais atual da PK consiste em um mapa topográfico da IRG na escala 1:100.000, produzido em 2001 pelo Instituto de Geografia da Universidade de Freiburg (IPG) e pelo Laboratório de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas (LAPAG) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), atualmente denominado de Centro Polar e Climático (CPC). Esse mapa possui curvas de nível com equidistância de 50 m, derivadas de um Modelo Digital do Terreno (MDT) que na área da baía do Almirantado foi gerado a partir de dados do mapa do PAN de 1990 (IPG e LAPAG, 2001; BRAUN *et al.*, 2001). Mais recentemente, Francelino *et al.* (2004) utilizaram as curvas de nível na escala 1:100.000 do mapa elaborado por Braun *et al.* (2001) e 90 pontos altimétricos levantados por rastreamento de satélites do Sistema de Posicionamento Global (GPS), através do método relativo estático, para a geração de um MDT da PK. Além disso, a equipe do Laboratório de Topografia e Geodésia da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (EPUSP), em colaboração com o grupo de pesquisa do projeto Geoespaço (<http://www.inpe.br/antartica/geoespacial.html>), realizou em janeiro e fevereiro de 2006 um levantamento topográfico

planialtimétrico da área de entorno da EACF. O resultado desse levantamento foi uma planta topográfica na escala 1:500, com curvas de nível com equidistância de 1 m (FONSECA JR. *et al.*, 2006). Para suprir a falta de uma base cartográfica precisa e detalhada para toda a área da PK, este estudo tem como objetivo a elaboração de um mapa topográfico dessa península na escala 1:5.000.

2. METODOLOGIA

Neste estudo, foi utilizado um estereopar de fotografias aéreas verticais pancromáticas no formato 23 x 23 cm, escala 1:50.000 (fotografias nº 302715 e 302716 – linha de voo nº 15 – Fig. 2), obtidas por câmera fotogramétrica Wild RC10, com distância focal de 88,10 mm, do *Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aerea de Chile* (SAF). Essas fotografias foram tomadas em 22 de janeiro de 2003 sobre a Península Antártica e ilhas adjacentes, durante uma missão de voo requisitada pelo *Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada del Chile* (SHOA). Para o processamento dos dados em uma estação fotogramétrica digital, foram utilizadas imagens desse estereopar com uma resolução de 12,5 µm, convertidas pelo SAF através de digitalizador fotogramétrico. A metodologia utilizada para a elaboração da carta topográfica da PK consistiu no processamento das fotografias em uma estação fotogramétrica digital (orientações interna e externa, geração e edição do MDT), na extração das curvas de nível do MDT, na elaboração do mapa topográfico e na avaliação da exatidão dos dados planialtimétricos produzidos.

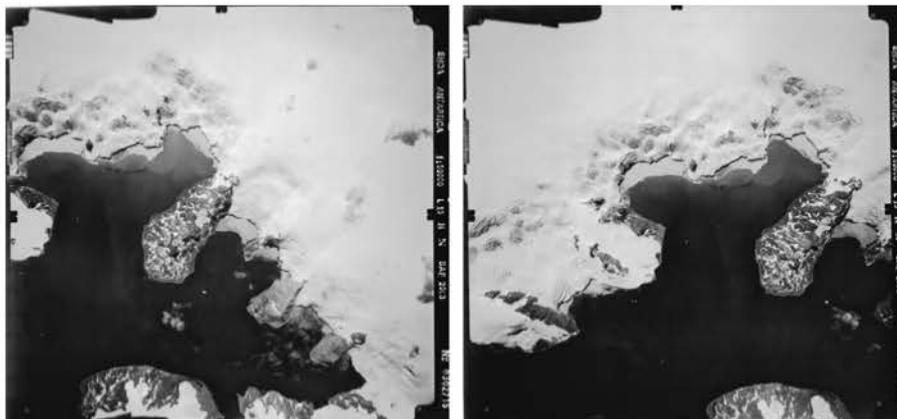


Fig. 2 – Amostra das fotografias aéreas pancromáticas nº 302715 e 302716 utilizadas neste estudo.

2.1 Orientação interna

As fotografias foram processadas em uma estação fotogramétrica digital modelo LPS™ (*Leica Photogrammetry Suite – Leica Geosystems GIS and Mapping, LLC*), disponível no laboratório do CPC. Um projeto foi criado no LPS™, utilizando-se a projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 21 sul (21 S), com o elipsóide de referência *World Geodetic*

System 1984 (WGS84 – G1150). Esse elipsóide é adotado pelo *Scientific Committee on Antarctic Research* (SCAR) para mapas em escalas maiores do que 1:1.000.000 (SIMÕES *et al.*, 2004; SC-AGI, 2009). As fotografias foram armazenadas neste projeto, assim como um conjunto de dados do certificado de calibração da câmera fotogramétrica (SAF, 1996). Na orientação interior, o erro médio quadrático obtido no ajustamento foi de 0,4 pixels para as duas fotografias.

2.2 Orientação externa

Concluída a orientação interior, o próximo passo foi a orientação exterior das fotografias. As coordenadas dos pontos de controle, utilizados na orientação externa das fotografias, foram obtidos de uma planta topográfica da EACF (FONSECA JR. *et al.*, 2006), e ainda com dados de um levantamento por GPS realizado pelo método relativo estático rápido com receptores topográficos de simples frequência (GTRA e GTR1 da TOPCOM), nos meses de janeiro e fevereiro de 2006, durante a XXIV Operação Antártica Brasileira (OPERANTAR) nos quais se aplicou a técnica do pós-processamento diferencial dos dados (*rover*) levantados pelos receptores GPS, utilizando dados de base coletados de uma estação referência de monitoramento contínuo de GPS, instalada na EACF, mantida e gerida pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), visando solucionar e eliminar as ambiguidades das observações coletadas pelos equipamentos em campo (BREMER e DEBIASI, 2006).

Devido à falta de um modelo de ondulação geoidal local preciso para a conversão da altitude geométrica em ortométrica, foram utilizadas somente as coordenadas planimétricas desses pontos. Para suprir a falta de pontos de controle altimétricos, foram identificadas feições nas fotografias para a locação de pontos de cota zero, coincidentes com a linha de costa da baía do Almirantado. Sobre o estereopar foram locados 72 pontos de controle altimétricos nessa linha de costa, além de 21 pontos de controle planimétricos e 198 pontos de passagem na área continental. Para avaliar a exatidão dos dados planimétricos, foram utilizados 6 pontos de checagem. No ajustamento por feixes perspectivos (LEICA GEOSYSTEMS, 2003), foi obtido um erro médio quadrático (EMQ) de 1,2 pixels (aproximadamente 0,76 m no terreno). A localização dos pontos de controle planimétricos e altimétricos e de checagem planimétricos utilizados neste estudo está apresentada na figura 3 e os resíduos desses pontos estão descritos nas tabelas 1, 2 e 3, respectivamente. Na tabela 4, estão descritos os valores dos parâmetros de orientação externa calculados para as duas fotografias.

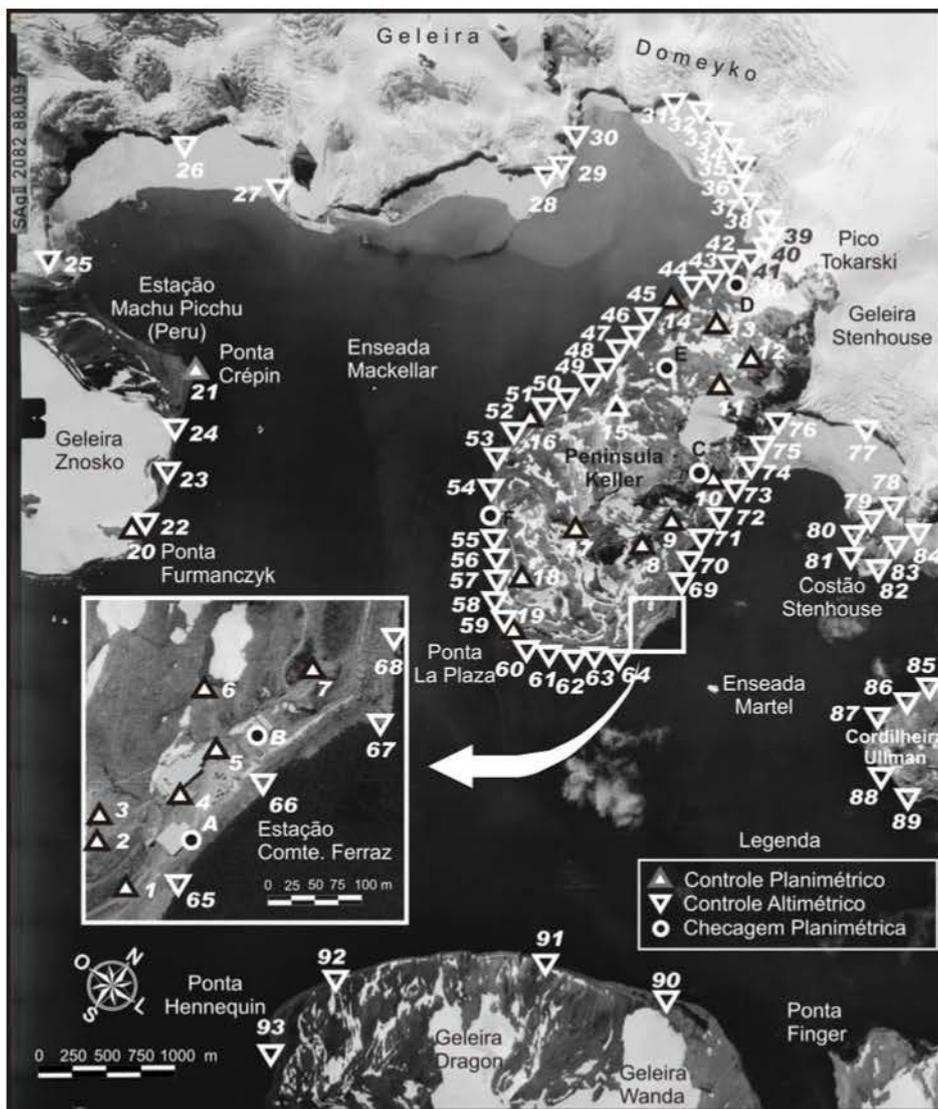


Figura 3– Localização dos pontos de controle planimétricos, altimétricos e de checagem na fotografia nº 302715.

TABELA 1 - RESÍDUOS DOS PONTOS DE CONTROLE PLANIMÉTRICOS

Ponto	Localização	Fonte	Coordenadas (m)		Resíduos (m)		
			Leste (X)	Norte (Y)	x	y	Total
01	Canto SE do módulo de química	Topogr	427311,175	3115431,789	1,286	0,186	1,299
02	Canto SE do módulo meteorologia	Topogr	427234,808	3115453,403	0,431	1,039	1,124
03	Canto NE do módulo ozônio	Topogr	427225,031	3115485,884	0,520	1,308	1,408
04	Canto SE da EACF	Topogr	427287,023	3115567,186	0,485	1,269	1,358
05	Canto NE da EACF	Topogr	427283,852	3115639,517	-0,632	0,708	0,949
06	Canto N da casa bombas lago Norte	Topogr	427231,616	3115688,425	-0,521	1,057	1,179
07	Canto NE módulo rádio emergência	Topogr	427315,757	3115788,110	-0,067	0,834	0,837
08	NE do Monte Flagstaff	GPS	426843,957	3116072,965	-0,753	-0,402	0,853
09	NE da geleira Flagstaff	GPS	426893,373	3116399,123	-1,313	-1,635	2,097
10	SE da geleira Noble	GPS	426936,162	3116892,919	-0,056	-1,967	1,968
11	SO da geleira Babylon	GPS	426603,187	3117387,204	0,559	-1,361	1,471
12	Monte Birkenmajer - Pico Norte	GPS	426656,507	3117668,495	0,854	-0,155	0,868
13	Oeste do pico Norte	GPS	426214,929	3117750,675	1,013	1,367	1,701
14	Ponta rochedo costa NO da PK	GPS	425853,605	3117623,597	1,721	-0,200	1,733
15	Leste do refúgio II	GPS	426032,865	3116742,152	-0,053	0,062	0,082
16	Ponta da praia do refúgio II	GPS	425561,875	3116291,295	-1,220	1,878	2,240
17	Pico morro NO do Morro Flagstaff	GPS	426427,480	3115989,908	-0,052	-1,106	1,107
18	Sudeste de Ipanema	GPS	426292,556	3115164,384	-1,999	0,252	2,014
19	Noroeste da ponta Plaza	GPS	426533,119	3114888,623	-1,801	-1,876	2,600
20	Ponta Furmanczyk	GPS	423853,557	3113479,510	-1,331	-1,943	2,356
21	Ponta Crepin	GPS	423283,347	3114815,090	-0,617	-2,323	2,403

Estatísticas dos resíduos totais (m)
Mínimo = 0,082 Máximo = 2,600 Média = 1,507 Desvio-padrão = 1,507 EMQ = 1,633

TABELA 2 - RESÍDUOS DOS PONTOS DE CONTROLE ALTIMÉTRICOS

Ponto	Resíduo (m)						
22	0,022	40	-0,338	58	-0,541	76	0,232
23	0,611	41	-0,166	59	-0,301	77	0,661
24	0,670	42	0,179	60	0,312	78	-0,195
25	0,042	43	0,020	61	-0,970	79	0,214
26	-0,311	44	-0,225	62	0,472	80	-0,416
27	0,607	45	0,514	63	-0,559	81	-0,300
28	0,101	46	-0,826	64	-0,122	82	0,245
29	0,250	47	0,354	65	0,060	83	-0,628
30	-0,441	48	0,146	66	0,224	84	-0,401
31	-0,369	49	0,246	67	0,044	85	0,286
32	-0,818	50	-0,340	68	-0,425	86	-0,399
33	-0,566	51	-0,059	69	-0,357	87	0,338
34	-0,221	52	-0,341	70	0,655	88	0,081
35	-0,742	53	0,517	71	0,151	89	0,304
36	-0,899	54	0,113	72	-0,004	90	-0,557
37	0,189	55	-0,673	73	0,547	91	-0,289
38	0,853	56	0,893	74	-0,173	92	-0,441
39	-0,690	57	0,383	75	0,328	93	0,147

Estatísticas dos resíduos totais (m)
Mínimo = -0,970 Máximo = 0,893 Média = -0,04 Desvio-padrão = 0,448 EMQ = 0,447

TABELA 3 - RESÍDUOS DOS PONTOS DE CHECAGEM PLANIMÉTRICOS

Ponto	Localização	Fonte	Coordenadas (m)		Resíduos (m)		
			Leste (X)	Norte (Y)	x	y	Total
A	Canto NE do heliponto	Topogr	427331,142	3115535,125	0,448	1,051	1,143
B	Canto SE dos tanques combustível	Topogr	427310,430	3115684,476	-0,390	0,941	1,019
C	Sudeste da geleira Noble	GPS	426839,667	3116896,594	-1,684	-1,334	2,149
D	Costa NO PK, próx. gel. Domeyko	GPS	426113,079	3118110,904	1,865	1,545	2,422
E	Oeste da geleira Noble	GPS	426135,954	3117248,613	-0,033	-0,145	0,149
F	SO da PK - Norte da praia Ipanema	GPS	425821,556	3115478,685	-2,374	0,928	2,549

Estatísticas dos resíduos totais (m)
Mínimo = 0,149 Máximo = 2,549 Média = 1,572 Desvio-padrão = 0,951 EMQ = 1,796

TABELA 4 – PARÂMETROS DE ORIENTAÇÃO EXTERNA DAS FOTOGRAFIAS AÉREAS

Número da Fotografia	Centro perspectivo (UTM 21 S – WGS84)			Ângulos de rotação (graus)		
	X	Y	Z	ω	ϕ	κ
302715	427056,247	3117592,040	4463,507	-1,129	0,573	-139,557
302716	423524,288	115511,237	4473,402	-1,678	1,501	-145,337

2.3 Geração e edição do MDT

Após a etapa de orientação exterior, o LPS™ foi utilizado para a extração automática e edição dos pontos cotados do estereomodelo. Esses pontos e os da planta topográfica da EACF, em um total de 70.787, foram armazenados no programa ArcGIS™ (ESRI Inc.), utilizando a projeção UTM (fuso 21 S) e o sistema geodésico WGS84. Nesse programa, os pontos foram utilizados para a geração de um MDT, interpolado pelo método *Triangular Irregular Network* - TIN (BURROUGH e MCDONNELL, 2003), com uma resolução de 0,63 m no terreno, compatível com a resolução espacial e escala das fotografias usadas neste estudo e com a densidade dos pontos cotados.

2.4 Elaboração do mapa topográfico

O MDT foi utilizado para a extração de curvas de nível com equidistância de 5 m. Na figura 4, o relevo da PK está representado na escala 1:20.000 e por curvas de nível com equidistância de 25 m. Nas áreas retangulares destacadas nesse mapa, o relevo está representado por curvas de nível com equidistância de 5 m e na escala 1:5.000 (Fig. 5, 6 e 7). A versão integral do mapa topográfico da PK na escala 1:5.000 está disponível no sítio do CPC (<http://www.ufrgs.br/antartica>). A projeção adotada nesse mapa foi a UTM, com o sistema geodésico WGS84, também utilizado na planta topográfica da EACF. Nessa planta, o ponto de referência planimétrico é denominado de Datum Horizontal Brasileiro 2006 (ERWES *et al.*, 2007), que consiste em um marco geodésico localizado a nordeste da EACF, com latitude $-62^{\circ}05'00,18''$ e longitude $-58^{\circ}23'28,13''$, medidas em relação ao sistema geodésico brasileiro. Os dados altimétricos dessa planta têm uma referência de nível (RN) localizada no mesmo marco geodésico (cota de 8,378 m), denominada de Datum Vertical Provisório 1984 (ERWES *et al.*, 2007). No caso do mapa topográfico deste estudo, a referência altimétrica dos dados consiste em uma cota zero atribuída à linha de costa da baía do Almirantado, na data (22 de janeiro de 2003) e horário (entre 6:47 pm e 7:08 pm UTC) da tomada das fotografias. As edificações foram compiladas da planta topográfica para o mapa.

A toponímia foi baseada em estudos de Birkenmajer (1980), nas cartas do PAN (PAN, 1980; BATTKE, 1990) e no *Composite Gazetteer of Antarctica* (CGA – GSSG, 2003). Somente um topônimo por feição foi escolhido, conforme normas propostas por Sievers e Thomson (1995).

2.5 Exatidão do mapa produzido

A exatidão planimétrica da ortofoto produzida neste estudo foi avaliada segundo normas do Padrão de Exatidão Cartográfico (PEC) de mapas e documentos cartográficos definido pela Legislação Federal de Cartografia e Aerolevanteamento, pelo decreto-lei nº 89.817, de 20/06/1984 (BRASIL, 1984). Para que uma carta tenha um PEC planimétrico classe A, deverá apresentar pelo menos 90% de seus pontos bem definidos, quando testados no terreno, com um EMQ inferior a 0,5 mm na escala da carta, enquanto que cada ponto isolado deverá apresentar um erro-padrão de no máximo 0,3 mm na escala da carta (BRASIL, 1984).

O EMQ dos pontos de checagem foi de 1,796 m na escala do terreno (Tabela 3), que é um valor menor do que o máximo permitido pela legislação para o PEC planimétrico de cartas classe A na escala 1:5.000, igual a 2,5 m.

Com o objetivo de avaliar a exatidão altimétrica dos dados produzidos, as cotas de algumas feições características da PK no mapa topográfico foram comparadas com as mesmas representadas em outros mapas-base, com dados altimétricos do CGA e de outras publicações. As cotas analisadas foram as do Datum Vertical Provisório 1984 (Fig. 8) e dos cumes do Morro Flagstaff (também conhecido como Morro da Cruz – Fig. 6) e dos montes Birkenmajer (pico norte) e Tokarski (Fig. 7). As cotas dessas feições no mapa topográfico e nas publicações citadas estão descritas na tabela 5.

No mapa topográfico, a cota do marco geodésico da EACF foi a mesma da planta topográfica (Tabela 5 e Fig. 5 e 8). Além disso, todos os demais dados planialtimétricos na área de entorno da EACF apresentaram alta compatibilidade com os dados da planta topográfica, como pode ser observado na Fig. 8, pois nessa área específica foram utilizados os pontos planialtimétricos da planta topográfica para a geração do MDT da PK. Para o cume do Morro Flagstaff, foi observada uma diferença máxima de apenas 0,3 m na cota do mapa topográfico em relação a dos mapas do DOS e PAN. Além do uso dos pontos de controle com cota zero arbitrária ao longo da linha de costa para a orientação das fotografias, outro método testado foi o uso da altura elipsoidal dos pontos GPS, mas este resultou na geração de um MDT com discrepâncias altimétricas maiores em relação aos dados dessas outras fontes de dados. Outro método aplicado neste estudo foi o uso desses pontos de controle com altura ortométrica, corrigida pelo modelo geoidal global EGM96, mas o MDT resultante também não apresentou valores altimétricos similares aos dessas outras bases de dados.

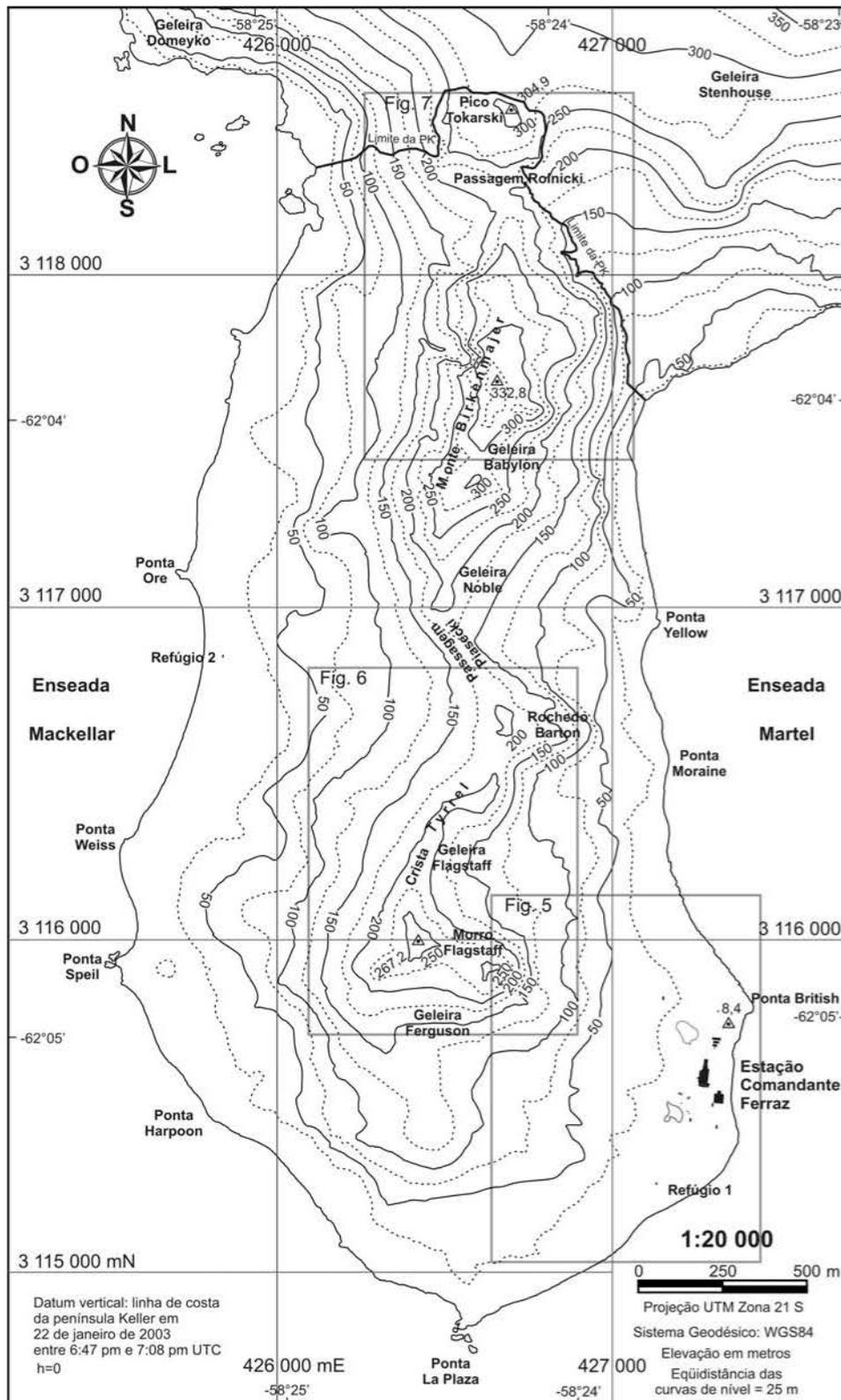


Figura 4 – Mapa topográfico da Península Keller reduzido na escala 1:20.000, para visualização de sua área total. As áreas retangulares em destaque estão representadas na escala 1:5.000 e por curvas de nível com equidistância de 5 m nas Fig. 5, 6 e 7 deste artigo.

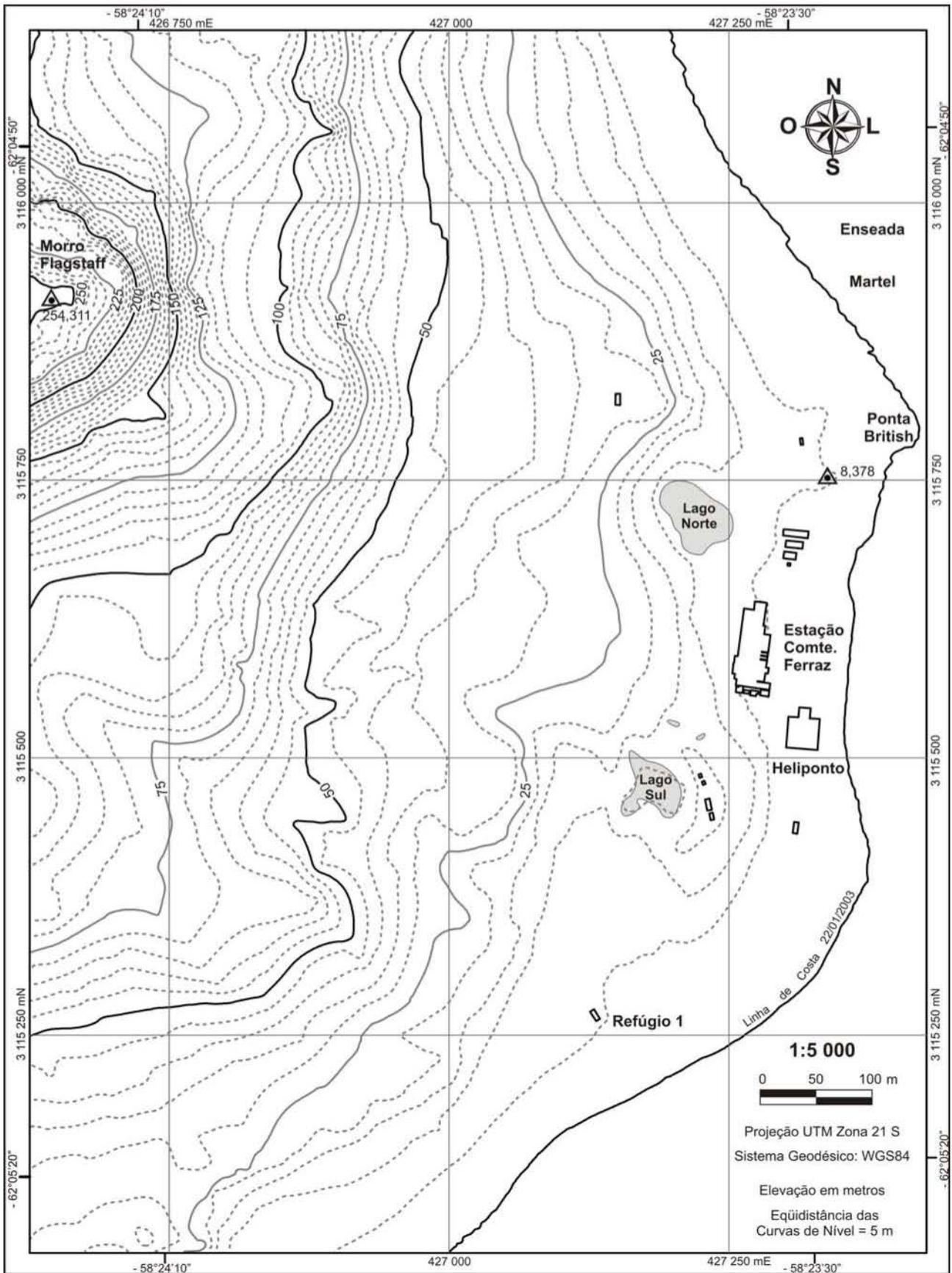


Fig. 5 – Mapa topográfico da EACF e áreas adjacentes na escala 1:5.000.

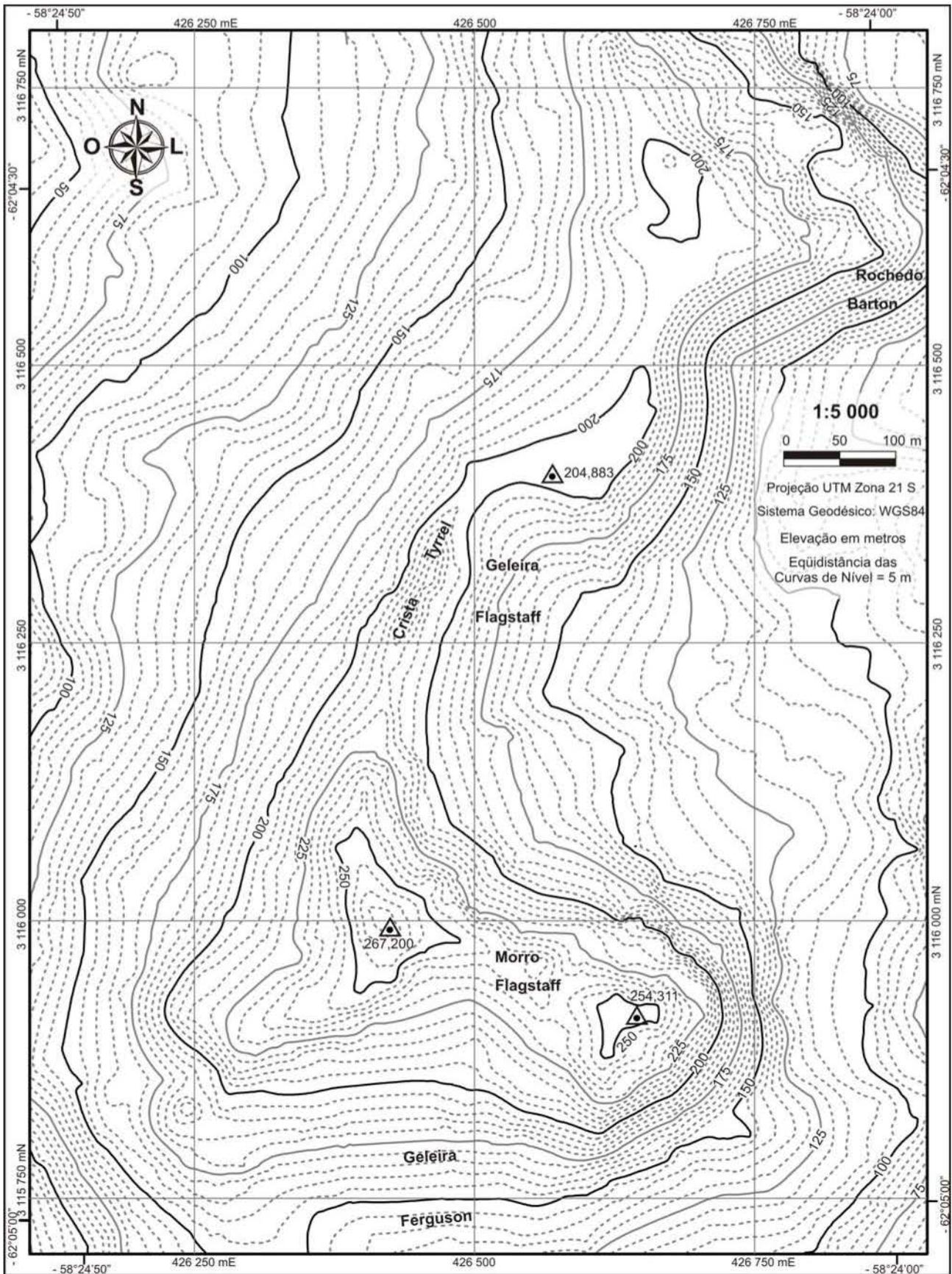


Fig. 6 – Mapa topográfico do Morro Flagstaff e áreas adjacentes na escala 1:5.000.

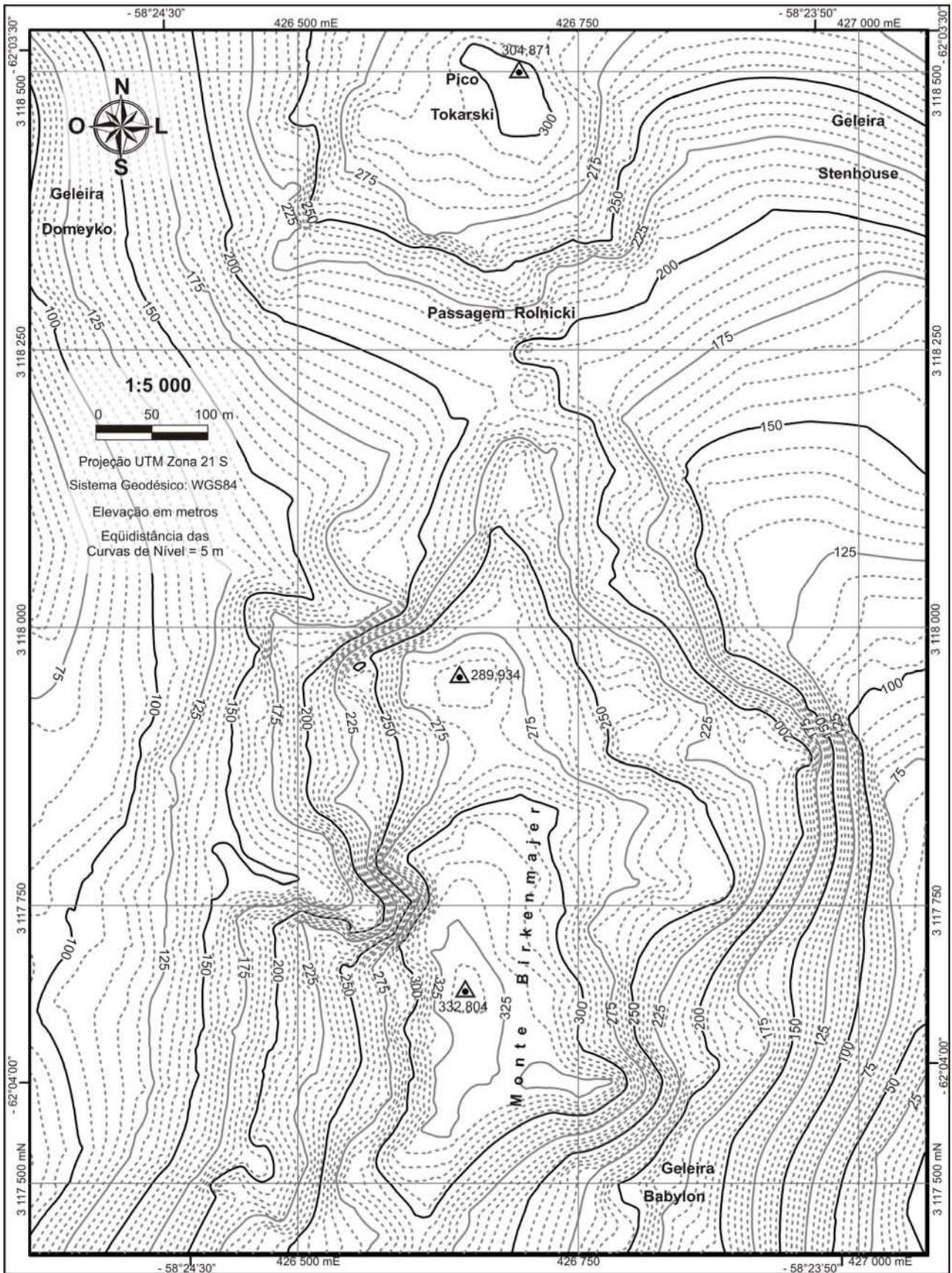


Fig. 7 – Mapa topográfico dos montes Birkenmajer e Tokarski e áreas adjacentes na escala 1:5.000.

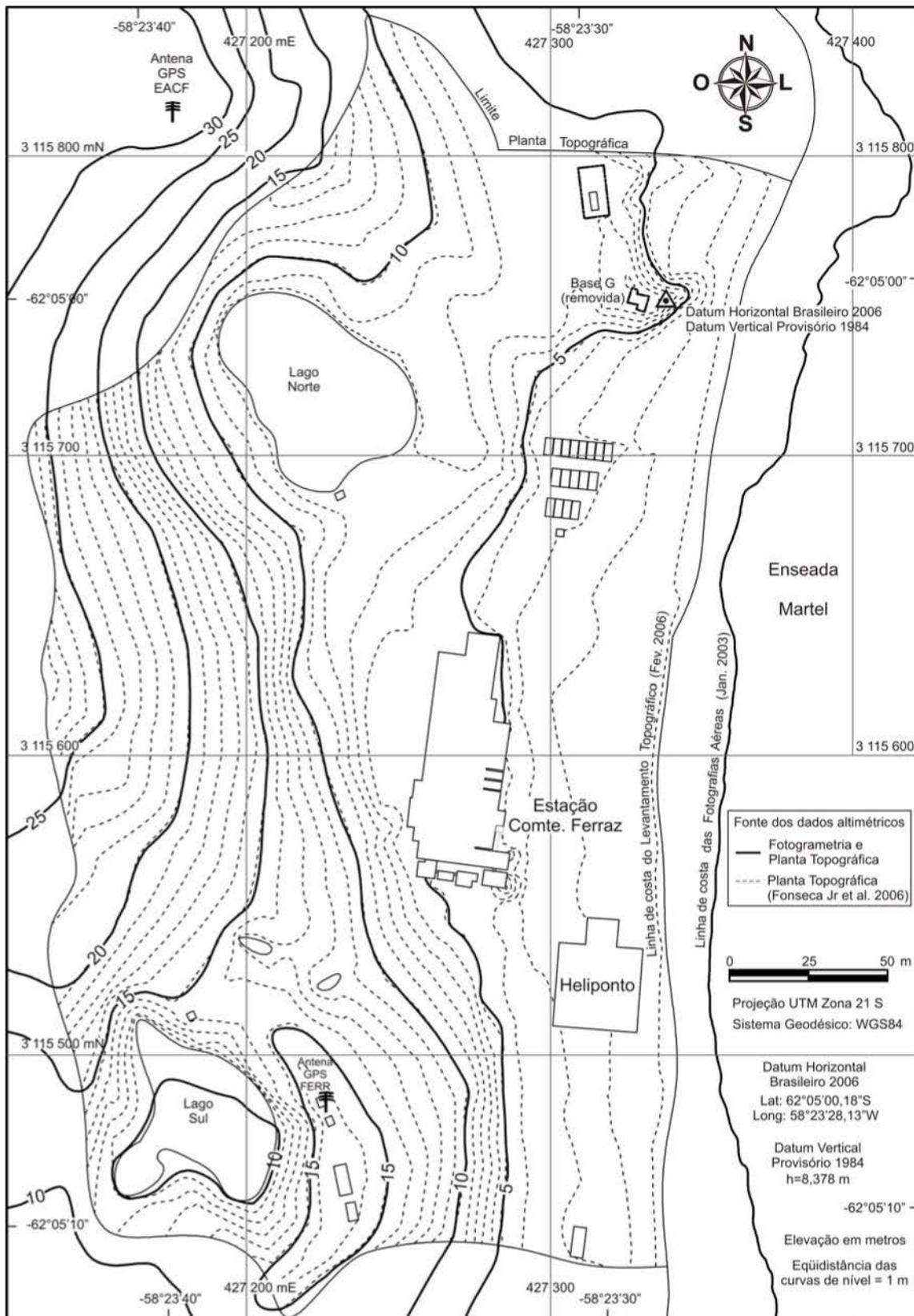


Figura 8– Mapa da área de entorno da EACF, onde pode-se observar a alta compatibilidade das curvas de nível do mapa topográfico com os da planta da EACF.

TABELA 5 - COTAS DE FEIÇÕES DO MAPA TOPOGRÁFICO E OBTIDAS DE OUTRAS BASES DE DADOS.

Feição analisada (método)	Mapa Topográfico			Altitude (m) outras bases de dados	Autores	Variação entre cota e dados (m)
	Latitude (S)	Longitude (O)	Cota (m)			
Datum Vertical Provisório 1984 (Topografia e marégrafo)	62°05'00,18"	58°23'28,13"	8,378	8,378	Fonseca Jr. <i>et al.</i> (2006)	0,000
Cume do Morro Flagstaff (Topografia e Fotogram.)	62°04'51,80"	58°24'30,71"	267,200	265,000 267,000 267,500	GSSG (2003) DOS (1968) Battke (1990)	2,200 0,200 -0,300
Cume do Monte Birkenmajer (GPS)	62°05'57,66"	58°24'12,72"	332,805	340,000 360,000	Francelino <i>et al.</i> (2004) GSSG (2003)	-7,195 -27,195
Cume do Monte Tokarski (GPS)	62°03'30,98"	58°24'08,18"	304,871	320,000	GSSG (2003)	-15,129

Nas feições de maior altitude analisadas neste estudo (cumes dos montes Birkenmajer e Tokarski), foram observadas variações muito significativas entre os dados do mapa topográfico e do CGA, de 27,195 m e 15,129 m, respectivamente. Para o cume do Monte Birkenmajer, que é o ponto de maior altitude da PK, a diferença da cota do mapa topográfico e da descrita em estudo de Francelino *et al.* (2004) foi consideravelmente menor, de 7,195 m. Em um comparativo das cotas do

mapa topográfico e das determinadas por GPS para essa feições em estudos de GSSG (2003) e Francelino *et al.* (2004), aplicando as correções com o uso do EGM96 (Tabela 6), verificamos para o Monte Birkenmajer uma variação de 14,734 m em relação ao estudo de Francelino *et al.* (2004) e de 5,266 m ao estudo de GSSG (2003). Para o caso do Monte Tokarski, uma variação de 6,693 m do mapa topográfico foi observada em relação ao dado do GSSG.

TABELA 6 – COMPARATIVO ENTRE AS COTAS DE FEIÇÕES NO MAPA TOPOGRÁFICO E DETERMINADAS POR LEVANTAMENTO GPS, COM CORREÇÃO GEOIDAL (EGM96).

Feição Analisada	Mapa Topográfico			Altura elipsoidal (GPS)	Altura geoidal EGM96	Altura ortométrica EGM96	Variação cota e EGM96 (m)
	Latitude (S)	Longitude (O)	Cota (m)				
Cume do Monte Birkenmajer	62°05'57,66"	58°24'12,72"	332,805	340,000	21,929	318,071	14,734
				360,000			338,071
Cume do Monte Tokarski	62°03'30,98"	58°24'08,18"	304,871	320,000	21,822	298,178	6,693

Fonte dos dados da altura geoidal EGM96: <http://sps.unavco.org/geoid/>

3. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

A principal vantagem da aplicação da Fotogrametria Digital foi a obtenção de dados com exatidão compatível com a escala do mapa produzido, com baixo custo de tempo e orçamento. O mapa topográfico na escala 1:5.000 possibilitou uma boa representação da alta densidade de curvas de nível geradas a partir do MDT.

Com relação à exatidão planimétrica do mapa topográfico, não podemos afirmar que o mesmo pode ser categorizado como do tipo PEC classe A, devido à falta de pontos de checagem suficientes para essa análise. Recomenda-se, portanto, a coleta de um número maior de pontos de checagem, obtidos através de

métodos precisos e também com boa distribuição ao longo da área de estudo.

A falta de um modelo de ondulação geoidal local e/ou de dados maregráficos de alta precisão dificultaram a obtenção de dados altimétricos com precisão compatível com a escala do mapa. Com relação aos dados maregráficos, não foi encontrada uma série temporal de dados para investigar a situação da maré no momento da tomada das fotografias aéreas usadas neste estudo. A presença de blocos de gelo ao longo da linha de costa, observada nas fotografias da península, resultante de seu transporte pela ação das correntes e marés, a comparação destas fotografias com outras imagens da PK e as diferenças entre a linha de costa dessa península na planta e no mapa topográfico (Fig. 8)

evidenciam uma situação de maré baixa no momento da tomada das fotografias.

Apesar dos dados altimétricos do mapa topográfico estarem referenciados a uma cota zero arbitrária, definida na linha de costa da baía do Almirantado, foi constatada uma alta similaridade entre os dados desse mapa e os de outros mapas-base da PK, elaborados a partir de levantamento topográfico e/ou por Fotogrametria. A grande diferença entre as cotas do mapa topográfico e as do CGA não pôde ser explicada, pois não há referências nesse banco de dados sobre o tipo de equipamento GPS ou sobre o método de levantamento utilizado. Com relação ao estudo de Francelino *et al.* (2004), a variação de cotas para essa feição pode estar relacionada com o nível de precisão do levantamento GPS e com as diferentes metodologias utilizadas na geração do MDT. Uma possível explicação para as variações entre as cotas do mapa topográfico e a altura ortométrica determinada por correções do EGM96 para os topos dos montes Birkenmajer e Tokarski pode estar relacionada com a coleta de dados GPS em locais diferentes dos pontos selecionados neste estudo, considerados como o cume dessas feições.

Resultados altimétricos mais precisos para a geração do MDT poderão ser obtidos com o uso de pontos de controle altimétricos levantados por nivelamento geométrico. Além disso, dados altimétricos obtidos por nivelamento geométrico poderão ser utilizados para verificar a exatidão altimétrica dos pontos cotados do mapa topográfico. É importante ressaltar que até o momento não é conhecido um modelo de ondulação geoidal local preciso para a correção da altitude GPS. Para a definição de referenciais altimétricos precisos, se faz necessária a implantação de marégrafos na costa da PK e de um estudo da ondulação geoidal local.

AGRADECIMENTOS

Este estudo foi financiado pelo Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq (projeto 55.0364/2002-1). Cláudio W. Mendes Jr., Rafael da R. Ribeiro, Luiz F. Velho e Ildo Parnow são bolsistas do CNPq. Os autores agradecem a coordenadora do projeto Geoespaço, Dra. Emília Correa (INPE), pelos dados fornecidos da estação GPS EACF, e aos membros do conselho consultivo da RBC, pelas contribuições dadas ao presente artigo.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BATTKE, Z. **Admiralty Bay, King George Island**. Mapa, 1:50.000. Varsóvia, PAN, 1990. 1v.

BIRKENMAJER, K. New place names introduced to the area of Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, Antarctica). **Studia Geologica Polonica**, v. 64, p. 67-88, 1984.

BRASIL. Decreto nº 89.817 de 20 de Junho de 1984. Normas Técnicas da Cartografia Nacional. In: Diário Oficial da União, 20 de Junho de 1984.

BRAUN M, SIMÕES J.C.; VOGT S., BREMER U.F.; BLINDOW N.; PFENDER M.; SAURER H.; AQUINO F.E.; FERRON FA. An improved topographic database for King George Island. Compilation, application and Outlook. **Antarctic Science**, v.13, p.41-52, Sep. 2001.

BREMER, U.F.; DEBIASI, P. **Projeto Integração de dados ambientais da Área Antártica Especialmente Gerenciada Baía do Almirantado através de Sistema de Informações Geográficas. Relatório sucinto de campo. Fase III da OPERANTAR XXIV**. Porto Alegre, NUPAC, 2006. 4 p. Não publicado.

BREMER, U.F.; ARIGONY-NETO, J.; SIMÕES, J.C. Teledetecção de mudanças nas bacias de drenagem de gelo da ilha Rei George, Shetlands do Sul, Antártica, entre 1956 e 2000. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v.4, p. 37-48, 2004.

BURROUGH, P.A.; MCDONNELL, R.A. **Principles of Geographical Information Systems**. Oxford, Oxford University, 1998. 333 p.

DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação da Marinha do Brasil. **Baía do Almirantado - Ilha Rei George**. Mapa, 1:40.000. Rio de Janeiro, DHN, 1992. 1v.

DOS - Directorate of Overseas Surveys. **A plane-table survey of the area around Base G**. Mapa, 1:15.000. Cambridge, DOS, 1951. 1v.

DOS - Directorate of Overseas Surveys. **British Antarctic Territory. South Shetland Islands**. Mapa, 1:200.000. Cambridge, DOS, 1968, 1v.

ERWES, H.J.B. **Levantamentos Geodésicos e Topográficos no Projeto Antártica II (Cartografia Náutica na Antártica) da DHN - Diretoria de Hidrografia e Navegação. Janeiro- Fevereiro de 1984 (Separata dos Anais Hidrográficos - TOMO XLI - 1984)**. Rio de Janeiro, DHN, 1984.

ERWES, H.J.B.; PRADO, W.S.; SILVA, A.G.R.; MELO, D.W.F. 3D-Modelling of the Brazilian Antarctic Station Comandante Ferraz – a visualization with animation. In: XXI International CIPA Symposium, Atenas, 2007. **Anais**. 2007. 4p. CDROM.

FONSECA JR., E.S.; ERWES, H.J.B.; FAZAN, J.A.; SASSAKI, A.S.A.; CORREIA, E. Levantamento topográfico plani-altimétrico da Estação Antártica Comandante Ferraz. In: XIV Simpósio Brasileiro sobre Pesquisa Antártica, São Paulo. 2006. **Anais**. p.111-112, 2006.

FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES FILHO, E.I.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; SIMAS, F.N.B.; MOREIRA, G.F. Geofomas da Península Keller, Antártica Marítima: subsídios ao monitoramento ambiental. In: SCHAEFER, C.E.G.R.(Ed.); FRANCELINO, M.R.; SIMAS, F.N.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. **Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima**, Viçosa, NEPUT, 2004. p.15-25.

GSSG - Standing Scientific Group on Geoscience. **Composite Gazetteer of Antarctica** (Banco de dados de topônimos antárticos do SCAR). 2003. Disponível em <<http://data.aad.gov.au/aadc/gaz/scar/>>. Acesso: 20 março 2007.

IPG; LAPAG – Institut Für Physische Geographie; Laboratório de Pesquisas Antárticas e Glaciológicas. **King George Islands**. Mapa, 1:100.000. Freiburg, IPG, 2001. 1v.

LEICA GEOSYSTEMS. **Leica Photogrammetry Suite OrthoBASE & OrthoBASE Pro. Users guide**. Georgia, Leica Geosystems, 2003. 516 p.

PAN - Polskiej Akademii Nauk. **Zatoka Admiralicji**. Mapa, 1:25.000. Warsaw, PAN, 1980. 1v.

SAF - Servicio Aerofotogramétrico de la Fuerza Aerea de Chile. **Certificado de calibración de cámara RC-10. Calibration made by Leica Instruments Inc. in 06/06/1996**. Santiago, SAF, 1996. 5 p.

SC-AGI - Standing Committee on Antarctic Geographic Information of the Scientific Committee on Antarctic Research. **AntSDI - The Antarctic Spatial Data Infrastructure**. Disponível em <<http://www.antsdi.scar.org/>>. Acesso: 20 março 2009.

SIEVERS, J.; THOMSON, W. Adopting one name per feature on maps of Antarctica: an experimental application - Topographic Map (Satellite Image Map) 1:250.000 Trinity Peninsula SP 21-22/13. **Polarforschung**, v. 65, p. 123-131, 1995.

SIMÕES, J.C.; ARIGONY-NETO, J.; BREMER, U.F. O uso de mapas antárticos em publicações. **Pesquisa Antártica Brasileira**, v. 4, p. 191-197, 2004.

SOUZA, J.E.B. **Brasil na Antártica: 25 anos de História**. São Carlos, Vento Verde, 2008. 167 p.