



UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, LETRAS E ARTES - CCH
DEPARTAMENTO DE GEOGRAFIA - DGE

MARIANE PAULINA BATALHA ROQUE

GEOMORFOLOGIA GLACIAL DA ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA:
FORMAS, PROCESSOS E MAPEAMENTO

Viçosa – Minas Gerais

Junho de 2016

MARIANE PAULINA BATALHA ROQUE

**GEOMORFOLOGIA GLACIAL DA ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA:
FORMAS, PROCESSOS E MAPEAMENTO**

**Monografia apresentada ao Curso de Geografia da
Universidade Federal de Viçosa como requisito para
obtenção do título de bacharel em Geografia.**

Orientador: André Luiz Lopes De Faria

Coorientadora: Caroline Delpupo Souza

Viçosa – Minas Gerais

Junho de 2016

MARIANE PAULINA BATALHA ROQUE

**GEOMORFOLOGIA GLACIAL DA ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA:
FORMAS, PROCESSOS E MAPEAMENTO**

**Monografia apresentada ao Curso de Geografia da
Universidade Federal de Viçosa como requisito
para obtenção do título de bacharel em Geografia.**

APROVADA EM:

Prof. André Luiz Lopes de Faria
Orientador
(Departamento de Geografia)

Dr. Caroline Delpupo Souza
Coorientadora
(Departamento de Solos)

MS. Pablo de Azevedo Rocha
Membro
(Departamento de Solos)



© Rosita Belinky

Fotografia de Rosita Belinky, 2011.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida.

À Universidade Federal de Viçosa, ao Departamento de Geografia e ao Departamento de Solos por todas as oportunidades que me foram oferecidas.

Ao prof. André Luiz Lopes de Faria, pela orientação, amizade, apoio para a realização deste trabalho e por todas as oportunidades criadas dentro do Laboratório de Geomorfologia e, acima de tudo, por ter acreditado em mim.

Gostaria de agradecer à Caroline Delpupo Souza, pela coorientação, que tornou possível a conclusão desta monografia e pela amizade ao longo de todos esses anos de convívio, que me fazem amadurecer e a crescer profissionalmente.

Ao prof. Carlos Ernesto Schaefer, pelas oportunidades ao longo da graduação, pelas preciosas sugestões e colaboração dada para a realização deste trabalho.

A secretária Claudinha, por todo apoio, auxílio e estima durante estes anos de trabalho no Departamento de Solos.

Aos professores do Departamento de Geografia, que me proporcionaram a capacitação teórica e técnica indispensáveis para a minha formação. Aos funcionários pela dedicação e prontidão durante o curso.

Aos meus queridos amigos e família de antes e de agora pelos momentos maravilhosos de descontração, aconchego e muita alegria.

Aos meus pais, pelos conselhos, dedicação e pelo amor incondicional que foram fundamentais na concretização de minhas conquistas. Ao meu irmão pelo apoio e companheirismo e a Maria Elis minha pequena fonte de força e inspiração.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, contribuíram para meu trabalho e aprendizado.

RESUMO

Este trabalho teve por objetivo identificar, mapear, analisar e caracterizar as formas e processos geomorfológicos desenvolvidos na ilha Seymour - Antártica Peninsular, ambiente periglacial, de transição entre a Antártica Marítima e Continental. Assim, procedeu-se a sobreposição de maneira manual de diferentes mapas temáticos como o mapa de litologia, declividade e relevo sombreado. Deste último, o mapa de relevo sombreado sobreposto ao MDE permitiu caracterizar a amplitude do relevo. Mapa de declividade permitiu refletir efetivamente a existência e limite de certas feições, que somados a interpretação da imagem de satélite e litologia foi possível quantificar as formas do terreno e delimitar as feições geomorfológicas da ilha. O estudo do relevo permitiu identificar doze unidades de relevos na ilha Seymour. São elas: superfície estrutural de cimeira; superfície estrutural pouco dissecada; superfície estrutural muito dissecada; encosta íngreme; encosta suave associada a processos de solifluxão; planície flúviomarinha; planície de maré; planície flúvioglacial; praias, terraços marinhos e falésias; depósito de tálus; solos com padrões; e lagos. Pode-se observar três setores com distintas morfologias. O primeiro setor é composto pela superfície estrutural de cimeira – chamada *La Meseta* – localizado no extremo norte da ilha, atingindo 220 metros de altitude. Ao sul, os terrenos são mais rebaixados e apresentam morfologia cuestiforme, com cotas variando do nível do mar até 105 metros de altitude. Por fim, dividindo os outros dois setores, há na porção central da ilha uma área deprimida composta por extensos vales de natureza flúvioglacial. As técnicas de sensoriamento remoto somadas ao SIG (Sistema de informação geográfica) possibilitaram a identificação da geomorfologia da ilha. Esta pesquisa mostrou que no ambiente periglacial, a relação entre os processos geomorfológicos está condicionada pelas condições climáticas regionais, a ação dos ventos, a processos de integração e desintegração mecânica das rochas causadas pelo congelamento e descongelamento associados a diferentes variações de temperaturas, e, sobretudo ao forte controle da geologia e geotectônico sobre a distribuição dos ambientes.

ABSTRACT

The objective of this study was to identify, map, analyse and characterize the landforms and geological processes found in Seymour Island. Localized in the Antarctic Peninsula, this place presents a periglacial environment transitioning between maritime and continental Antarctic. Hence, different thematic maps such as lithology, slope and shaded relief were manually overlaid. The overlay of the shaded relief map on DEM allowed the characterization of the relief range. The slope map was an effective tool to determine the existence of landforms and their limits, which added to the interpretation of the satellite image and lithology, it was possible to quantify the terrain forms and to delimitate the geomorphological features of the island. The study of relief revealed the existence of 12 relief units in Seymour island, as follows: summit structural surface, little dissected structural surface, highly dissected structural surface, steep slope, gentle slope associated with solifluction processes, marine fluvial plain, tidal flat, fluvioglacial plain, beaches, marine terraces and cliffs, talus deposit, patterned grounds, and lakes. Moreover, we observed that three sections had distinct morphology. The first section comprises the summit structural surface, so-called *La Meseta*, located at the extreme North of the island and altitude up to 220 meters. Land is more lowered in the South, presenting cuestas morphology with elevation ranging from sea level up to 105 meters. A depressed area in the center of the island separates the other two sections. It consists of extensive valleys of fluvioglacial nature. Remote sensing techniques added to GIS (Geographic Information System) allowed the geomorphological identification of the island. At last, this study demonstrated that in the periglacial environment the relationship between the geomorphological processes depends on factors such as the regional climatic conditions, wind action, processes of mechanical integration and disintegration of rocks caused by freezing and thawing associated to variations in temperature, and primarily to the strong geological and geotectonic control of the distribution of the environments.

LISTA DE FIGURAS

Frontispício.....	iv
Figura 01: Localização da Ilha Seymour, no contexto da Península Antártica (a); Limites da ilha (b); e direção dos ventos predominantes (c).....	16
Figura 02: Superfície da ilha antes (a) e depois (b) de uma nevasca. Detalhe da ilha Cock Burn, à direita, nas duas fotografias.....	23
Figura 03: Exemplos de cunhas de gelo aflorantes.....	23
Figura 04: Solos com padrões, visão geral (a) e no detalhe (b).....	24
Figura 05: Vale glacial fóssil.....	24
Figura 06: Superfícies da ilha cobertas por clastos de diversos tamanhos (a); mega nódulos formados a partir da exposição da pirita (b).....	26
Figura 07: Visão 3D da ilha Seymour, sobrepondo o mosaico ao modelo digital de elevação.....	28
Figura 08: Geomorfologia da ilha Seymour, Antártica	30
Figura 09: Superfície estrutural de cimeira.....	31
Figura 10: Encosta íngreme.....	32
Figura 11: Encosta Suave.....	33
Figura 12: Superfícies estruturais pouco dissecadas.....	34
Figura 13: Superfície estrutural muito dissecada, (a) superfície pedregosa; (b) nichos de nivação.....	35
Figura 14: Planície de Maré, (a) Planície de Maré inferior; (b) Planície de Maré superior.....	36
Figura 15: Planície Fluvioglacial.....	37
Figura 16: Falésias face James Ross (a); Falésias face mar de Weddell (b).....	38
Figura 17: Planície fluviomarinha.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Distribuição absoluta e relativa das classes de relevo.....	27
Tabela 2 – Contribuições absolutas e relativas de cada classe de declividade da Ilha Seymour.....	27
Tabela 3 – Unidades Geomorfológicas mapeadas na ilha Seymour.....	28

SUMÁRIO

CAPA.....	ii
FRONTISPÍCIO.....	iii
AGRADECIMENTOS.....	iv
RESUMO.....	v
ABSTRACT.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
LISTA DE TABELAS.....	viii
SUMÁRIO.....	ix
CAPÍTULO 1 - CONTEXTO DA PESQUISA GEOMORFOLOGICA NA ANTÁRTICA	
1.1 - APRESENTAÇÃO.....	1
1.2 - SISTEMAS DE INFORMAÇÕES GEOGRÁFICAS (SIG) APLICADO AO MAPEAMENTO GEOMORFOLÓGICO NA ANTÁRTICA.....	2
1.3 - PROCESSOS E FORMAS GEOMORFOLÓGICAS EM AMBIENTES GLACIAIS.....	3
1.4 - CONTEXTUALIZAÇÃO REGIONAL.....	6
1.4.1 - <i>Caracterização da Antártica.....</i>	6
1.4.2 - <i>Caracterização da Península Antártica.....</i>	7
1.5 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	9
CAPÍTULO 2 - FORMAS, PROCESSOS E MAPEAMENTO DA ILHA SEYMOUR, ANTÁRTICA	
2.1 - INTRODUÇÃO.....	13
2.2 - OBJETIVOS.....	15
2.2.1 - <i>Geral.....</i>	15
2.2.2 - <i>Específicos.....</i>	15
2.3 - ÁREA DA PESQUISA.....	16
2.3.3 - <i>Localização.....</i>	16
2.3.4 - <i>Quadro físico da Ilha Seymour.....</i>	16
2.4 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
2.4.1 - <i>Georreferenciamento e vetorização de carta topográfica.....</i>	19
2.4.2 - <i>Modelo digital de elevação.....</i>	20
2.4.2.1 - <i>Declividade.....</i>	20
2.4.2.2 - <i>Perfil topográfico.....</i>	21
2.4.3 - <i>Processamento de imagens de satélite e fotografias.....</i>	21
2.4.4 - <i>Digitalização em tela.....</i>	21
2.5 - RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	22
2.5.1 - <i>Aspectos gerais da paisagem: Fatores e processos.....</i>	22
2.5.2 - <i>Unidades de Relevo da ilha Seymour.....</i>	26
2.6 - CONCLUSÕES.....	40
2.7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
ANEXO A – Modelo Digital de Elevação.....	49
ANEXO B – Declividade.....	50
ANEXO C – Geologia.....	51
ANEXO D – Hidrografia.....	52

CONTEXTO DA PESQUISA GEOMORFOLÓGICA NA ANTÁRTICA

1.1 Apresentação

Este capítulo inicial contextualiza o trabalho desenvolvido e discute alguns aspectos que levam ao aprofundamento na pesquisa da criosfera. Serão apresentadas as potencialidades da integração do SIG com o sensoriamento remoto para a área Antártica, especialmente para a ilha Seymour/Marambio, que se constitui uma importante área livre de gelo inserida neste setor climático transicional.

O mapeamento geomorfológico é um instrumento eficaz para representar a posição de formas da terra e analisar a sua distribuição espacial (López-Martínez et al., 2012). O conhecimento dos fatores que controlam a presença das formas de relevo e processos geomorfológicos nas regiões periglaciais, tem se revelado como um dos temas centrais da geomorfologia de regiões polares (Ballantyne e Harris, 1994).

A utilização de métodos estatísticos com vista à interpretação das relações existentes entre uma variável dependente e as variáveis preditivas, juntamente com a aplicação de ferramentas SIG, tem permitido um rápido desenvolvimento da modelação espacial aplicada à geomorfologia (Luoto e Hjort, 2004).

De fato, desde o início da década de 90, observou-se grande incremento do número de estudos no âmbito desta temática para o ambiente antártico (Fogg, 1992; Arigony-Neto, 2001; Rocha, 2002; Ahlert e Siclerio, 2005; Smith et al., 2005; Hjort et al., 2007). Parte destes trabalhos refere-se à modelação da distribuição do permafrost com o auxílio dessas tecnologias (López-Martínez, 1996; Gruber et al., 2003; Janke, 2005; Ridefelt et al., 2008); e outros trabalhos relacionados com a modelação de formas e processos glaciais e periglaciais (Hall, 1992; López-Martínez, et al., 2002; Luoto e Hjort, 2004; Hjort, 2006; Rosa et al., 2009).

O sensoriamento remoto é uma das ferramentas mais eficientes no monitoramento da dinâmica glacial na Antártica em função das dificuldades técnicas e logísticas para a realização de trabalhos de campo e pela grande extensão territorial recoberta pelo gelo. O uso da tecnologia conhecida como sistemas de informações geográficas (SIG) vem crescendo em diferentes áreas da ciência que empregam em suas análises dados de carácter espacial, tornando-se uma ferramenta multidisciplinar (Ahlert e Siclerio et al., 2004). A utilização de técnicas de sensoriamento remoto e de sistemas de informação geográficas é essencial no monitoramento de áreas de acesso restrito (Lubin e Massom, 2006). As informações obtidas remotamente são as

principais fontes de dados para mapeamentos e análise de aspectos morfológicos do relevo (Ahlert e Siclério, 2005). Para Zilberstein, (2011) os estudos referentes a estes ambientes contribuem na construção do entendimento sobre os processos que condicionam a formação da geomorfologia na Antártica.

1.2 Sistemas de Informações Geográficas (SIG) aplicado ao mapeamento geomorfológico na Antártica

Um mapeamento geomorfológico pode ser realizado sem o uso de ferramentas de Geoprocessamento ou de Sensoriamento Remoto, como já eram feitos antes do advento dessas técnicas. Os mapas eram produzidos à medida que se percorria o trajeto de estudo, o que além de demandar muito tempo, geravam resultados limitados à visão local do pesquisador. No entanto, com a emergência dessas tecnologias tornou-se possível agilizar o processo da pesquisa, além de permitir analisar e cruzar um maior número de dados para realizar análises integradas e eficazes, obtendo resultados mais consistentes e mapas de maior qualidade. Cabe ressaltar que mesmo com uso das geotecnologias, é fundamental o conhecimento teórico e prático da área de pesquisa.

Com o desenvolvimento do conhecimento científico de modo mais sistemático no século XIX, as ciências modernas tiveram grande expansão e a Geomorfologia, não obstante, passou a ganhar corpo teórico e se fortaleceu como um importante campo de estudo na zona fronteira entre geologia e geografia. A utilização dessas novas tecnologias possibilitou a utilização de novos meios, como a elaboração de mapas topográficos mais precisos, fotografias aéreas, instrumentos e equipamentos mais sofisticados para trabalhos de campo e laboratório (Ross, 1992).

A partir da segunda metade do século XX, as pesquisas sobre a Antártica foram progressivamente incrementadas graças aos avanços tecnológicos e logísticos, junto com a cooperação internacional após a II Grande Guerra. Esse fato é demonstrado através da realização de várias expedições, do aumento do número de estações de pesquisa, da realização do Ano Geofísico Internacional (1956-58) e da criação do Tratado Antártico em 1959. Esse período, que se estende até os dias atuais, é definido como o período moderno da ciência na Antártica (Fogg, 1992; Ahlert e Siclério, 2005).

No início desse período, a pesquisa na Antártica desenvolveu-se de forma uniforme através de levantamentos básicos em todas as áreas do conhecimento científico, visando compreender a dinâmica desse ambiente praticamente desconhecido (Fogg, 1992; Ahlert e Siclério, 2005).

Na Antártica, a informação geográfica é indispensável em todas as esferas de atividades humanas (Arigony-Neto 2001; Ahlert et al., 2004). Sievers et al. (1993) referem-se à

necessidade de precisão dessa informação geográfica, de acordo com cada tipo de aplicação. Desta forma, Florenzano (2009) ressalta que o sensoriamento remoto oferece um conjunto de métodos e ferramentas que são úteis para monitorar diversos processos geomorfológicos e podem auxiliar na investigação destes processos e feições, contribuindo para o estudo da dinâmica glacial em áreas de difícil acesso (Zilberstein, 2011).

As técnicas de sensoriamento remoto oferecem muitos recursos para esses tipos de estudos (Bamber e Kwok, 2004) e são empregados com muita frequência nas regiões polares, especialmente devido há três motivos: a) a dificuldade de acesso às calotas e aos mantos de gelo; b) a grande extensão territorial; e c) a necessidade de logística avançada e especializada para a realização dos trabalhos de campo (Ahlert e Siclerio, 2005).

Portanto, a utilização dessas técnicas é de fundamental importância para o monitoramento de ambientes de difícil acesso (Lubin e Massom, 2006; Mendes Junior et al., 2010). Tais ferramentas foram utilizadas nesta monografia na análise dos diversos aspectos, onde a localização geográfica das feições, formas e os processos formadores do relevo constituíram variáveis determinantes para o mapeamento geomorfológico.

1.3 Processos e formas geomorfológicas em ambientes Glaciais

De acordo com Boulton e Deynoux (1981), o ambiente glacial é definido como “aquele em que os principais agentes de transporte de sedimentos são geleiras ou águas de degelo”. Caetano-Chang, (1984) subdivide o ambiente glacial em dois tipos: glacioterrestre e gláciomarinho. O ambiente glacioterrestre pode ser subdividido em três outros subambientes, de acordo com as especificidades dos sistemas deposicionais: 1) glacial, onde o mecanismo de deposição é dominado diretamente pela geleira, excluindo outros meios de transporte; 2) gláciofluvial, em que as correntes alimentadas por água de degelo correspondem ao agente de transporte e deposição; e 3) gláciolacustre, correspondente à deposição de sedimentos em lagos originados pela água de degelo. Assine et al. (2002) definem o ambiente gláciomarinho como os locais onde há influência tanto de processos glaciais quanto de processos marinhos. Neste ambiente, a geleira se constitui como a principal fonte de sedimentos, os quais são depositados de acordo com os processos atuantes no corpo d'água, que atuam em função da proximidade com a geleira. Três subambientes podem ser definidos, em função da proximidade com a geleira: 1) subglacial, onde há um vínculo direto com os processos da geleira; 2) proglacial proximal, com influência da margem da geleira; e 3) proglacial distal, onde predominam os processos marinhos (Assine et al., 2002).

O ambiente glacial é caracterizado pela presença de geleiras, que são grandes massas de gelo formadas pela compressão de neve precipitada e que se movem lentamente pela ação da gravidade, constituindo um poderoso agente geomorfológico (Huggett, 2011). A elevada

densidade e fricção interna das geleiras permite o transporte de fragmentos maiores e mais pesados, diferentemente do que ocorre com outros agentes, como a água e o vento (Caetano-Chang, 1984). As formas de relevo nesses ambientes são resultantes tanto da ação direta quanto indireta das geleiras. Diversos fenômenos físicos são relacionados à dinâmica de expansão e retração das geleiras e os consequentes processos modeladores do relevo.

O balanço de massa das geleiras corresponde ao saldo entre a perda e o ganho de água ao longo de um intervalo de tempo específico, o que depende da diferença entre a taxa de acumulação e a taxa de ablação ou perda de gelo (Huggett, 2011). A acumulação é dominante nos meses de inverno, ocorrendo principalmente por precipitação de neve com menor contribuição do congelamento da água das chuvas, geadas, condensação e congelamento do ar úmido, recongelamento de água de degelo e avalanches de neve provenientes de vales à montante. A ablação, dominante nos meses de verão, ocorre principalmente por derretimento, mas também pode ocorrer por evaporação, sublimação, erosão eólica e hídrica e desprendimento de blocos para dentro do mar e lagos (Huggett, 2011).

O movimento das geleiras dá-se por dois mecanismos: deslizamento basal e deformação interna (Assine et al., 2002). O deslizamento ocorre devido à ação lubrificante da água em geleiras de base úmida, enquanto a deformação interna é predominante em geleiras de base seca, onde ocorre uma adesão significativa com o substrato. As geleiras, ao se movimentarem, possuem uma capacidade erosiva elevada, desempenhando papel significativo no modelamento do relevo. Boulton (1979) estabelece que as geleiras erodem por abrasão ou por remoção de blocos. Partículas que chegam a tamanhos consideráveis podem ser incorporadas na base das geleiras, movimentando-se sob intensa pressão contra a superfície do substrato. Além disso, fluxos de água de degelo tem um importante papel no processo de erosão em ambientes glaciais.

O processo de abrasão produz uma série de formas aerodinâmicas através do deslizamento que tende a suavizar o relevo (Huggett, 2011). Além disso, o movimento de abrasão pode desencadear fraturas, deslocamento de fragmentos de rocha e incorporação dos mesmos na geleira. Como consequência, as superfícies à jusante tendem a ser rugosas.

O transporte de materiais pelas geleiras ocorre principalmente pela incorporação de partículas durante o processo erosivo na base da geleira ou a partir de encostas adjacentes (Assine et al., 2002). Essas partículas podem ser incorporadas em três zonas distintas subglacial (na base da geleira), supraglacial (sobre a geleira) ou englacial (dentro da geleira).

A deposição e sedimentação em ambientes glaciais decorrem diretamente do comportamento da geleira; ou indiretamente nas áreas à jusante, onde a deposição ocorre pela ação de drenagens alimentadas por água de degelo e fluxos de gravidade (Assine et al., 2002). De maneira semelhante ao que ocorre no transporte dos materiais pelas geleiras, o mecanismo de deposição depende da posição das partículas em relação à geleira – subglacial, supraglacial ou englacial (Huggett, 2011). Os sedimentos supraglaciais e englaciais frequentemente se

desagregam pelo derretimento do gelo e são retrabalhados por água e depositados por outros processos. A deposição subglacial geralmente ocorre pelo derretimento do gelo basal e revestimento das irregularidades da superfície basal por sedimentos finos.

O material carregado pela geleira é eventualmente depositado e forma uma série de feições no relevo, as quais podem ser agrupadas, novamente, de acordo com posição em relação à geleira (Huggett, 2011). Os detritos sobre a superfície das geleiras (supraglaciais) somente ali perduram enquanto perdurar a geleira, porém as feições que caracterizam essa configuração sobrevivem na paisagem mesmo depois do desaparecimento da geleira. As principais formas resultantes são morainas laterais e despejos de morainas, que se orientam paralelamente ao fluxo de gelo, e morainas *hummocky*, que não possuem orientação particular. Dentre as formas subglaciais, pode-se destacar os *drumlins* – colinas alongadas delimitadas por formatos ovais – e as morainas *De Geer* e *Rogen*, que se orientam transversalmente ao fluxo de gelo (Huggett, 2011).

A água de degelo proveniente das geleiras é capaz de movimentar quantidades imensas de sedimentos (Huggett, 2011), o que caracteriza a dinâmica do ambiente gláciofluvial. Essa água, carregada de sedimentos, constitui-se um agente erosivo poderoso, esculpindo rochas e sedimentos e transportando e depositando materiais, processo que resulta em uma variedade de formas (Assine et al., 2002). Sistemas aluviais são formados na frente das geleiras (ambiente proglacial), transportando e depositando sedimentos que dão origem a planícies de areia e cascalho, as planícies de *outwash* ou *sandur*. Leques aluviais são formados nas proximidades das margens das geleiras através do desconfinamento de fluxos subglaciais. Tais sistemas transacionam para drenagens entrelaçadas à jusante, ao passo que a água é captada e canalizada. No caso de vales fluviais que são barrados por geleiras, ocorre a formação de lagos à montante (Assine et al., 2002; Huggett, 2011)

Os lagos glaciais adjacentes às geleiras são alimentados por sedimentos provenientes do desprendimento de blocos da geleira, clastos de gelo flutuante, correntes de fundo de túneis englaciais ou subglaciais, e de fluxos sedimentares de gravidade (Assine et al., 2002). Tais lagos ocorrem frequentemente em locais afetados pela última glaciação e, por estarem intimamente relacionados às formas subglaciais, geralmente se configuram alongados paralelamente à orientação do paleofluxo glacial predominante no local.

Em ambientes gláciomarinhos, há uma interferência de ambos os sistemas marinhos e glaciais (Assine et al., 2002). A fonte principal de sedimentos são as geleiras e o processo de deposição que ocorre no corpo d'água varia em função da distância em relação à margem da geleira. Os fiordes são formas do relevo que caracterizam o avanço de uma geleira mar adentro, através de vales glaciais submersos. Plataformas de gelo caracterizam o avanço de geleiras completamente aterradas sobre o fundo do mar, ocorrendo comumente em golfos, plataformas continentais e oceanos rasos.

Já um ambiente periglacial compreende uma gama de condições frias não-glaciais, independentemente de sua posição em relação a uma geleira (Huggett, 2011). Ocorre comumente em altas latitudes, tal como as áreas livres de gelo da Antártica. Uma característica comum deste ambiente é a presença do permafrost, zonas onde o terreno é constituído de solo ou rocha que permanece abaixo de 0°C por 2 (dois) ou mais anos consecutivos. Este fenômeno é sustentado em locais onde a profundidade de congelamento durante inverno é menor do que a profundidade de derretimento do verão, o que cria uma zona permanentemente congelada. A presença de gelo no terreno congelado tem uma função geomorfológica crítica, uma vez que afeta a iniciação e evolução da formação do relevo (Thorn, 1992).

A atividade fluvial é geralmente dominante em terrenos periglaciais (Huggett, 2011). Alguns processos em ambientes periglaciais são intimamente relacionados com o congelamento e derretimento de água, sendo altamente ativos e capazes de formar paisagens características. O congelamento e derretimento de água desencadeiam inúmeros processos, tais como a quebra, desprendimento, cisalhamento e fraturamento de gelo. O mecanismo de erosão pelo gelo é o mesmo descrito anteriormente para geleiras. A ação do gelo, decorrente das pressões criostáticas, pode causar, localmente, o movimento vertical e horizontal de material nos solos, em um processo chamado crioturbação. A contração termal em temperaturas baixas pode levar ao fraturamento do terreno.

A ação fluvial em ambientes periglaciais é submetida a um regime altamente sazonal sustentado pelo derretimento que inicia na primavera (Huggett, 2011). A elevada descarga da primavera atribui potência a essa ação fluvial, fazendo com que mesmo as pequenas drenagens sejam capazes de carrear sedimentos de maiores dimensões. O vento também atua de forma relevante, dando origem a formas erosionais como superfícies facetadas e ranhuradas, cavidades de deflação em sedimentos inconsolidados e ventifactos. O vento também é responsável pela acumulação de *loess*. A maioria das formas periglaciais surge da presença de gelo no solo (Huggett, 2011). As principais formas que resultam destes processos incluem cunhas de gelo e areia, *thermokarst*, lagos orientados e solos com padrões.

1.4 Contextualização Regional

1.4.1 Caracterização da Antártica

Conhecido como o continente dos superlativos por ser o mais frio, o mais seco, o mais alto, o mais isolado, o mais desconhecido e o mais preservado de todos os continentes, a Antártica é a região compreendida ao sul da latitude 60° S, incluindo o continente Antártico, as ilhas SubAntárticas e grande parte do Oceano Glacial Antártico (Ugolini e Bockheim, 2008).

A antártica é o quinto maior continente, corresponde a aproximadamente 1,6 vezes a extensão territorial do Brasil, possuindo uma área de aproximadamente 14 milhões de km², em sua grande maioria permanentemente cobertos por um manto de gelo de 2,1 km de espessura média. A camada de mar congelado circundante possui superfície que varia entre 1,6 milhões de km², no verão, e até 20 milhões de km², no inverno. O volume do gelo antártico (aproximadamente 30 milhões de km³) representa cerca de 90 % da Criosfera e contém aproximadamente 68 % da água doce existente no planeta (Campbell e Claridge, 1987; Turner et al., 2002).

Observa-se notável variabilidade de ecossistemas na Antártica, variando de áreas permanentemente cobertas por geleiras até áreas livres de gelo (periglaciais). Nos ambientes periglaciais a ação do congelamento tem grande importância na evolução da paisagem (French, 2007). A maioria das ilhas antárticas e subantárticas que apresentam paisagens livres de gelo se inserem no contexto periglacial (Hall, 2002).

Sobre a Antártica existe um bem definido centro de alta pressão, com temperaturas decrescentes da borda para o interior do continente. A distribuição da precipitação acompanha este padrão, com 2000 milímetros por ano na costa, para menos de 50 mm anuais no interior configurando verdadeiros desertos polares. Os ventos da Antártica, de origem catabática, são os mais fortes do planeta, desconsiderando formações locais como tornados (Schwerdtfeger, 1984; King e Turner, 1997).

O sistema natural do continente Antártico é bem menos complexo do que os de ambientes de baixa latitude. Essa simplicidade o torna mais frágil e, por isso, mais suscetível a danos ambientais permanentes, devido à lenta taxa em que os processos de reabilitação avançam (Francelino, 2004).

Bokheim et al. (2002) propõem uma divisão dos ambientes livres de gelo da Antártica em três regiões eco-climáticas. A primeira é a Península Antártica e suas ilhas (localizadas a uma latitude de cerca de 61 72° S); a segunda é a Antártica Marítima de Leste (cerca de 66 71° S); e a terceira são as Montanhas Transantárticas (cerca de 72 87° S). Para estes autores, estas regiões ou sub-regiões diferem não apenas no clima, mas também na vegetação, solo, características do permafrost e processos periglaciais e glaciais.

1.4.2 *Caracterização Da Península Antártica*

O relevo da Península Antártica é extremamente acidentado devido à orogênese Andina. Esta península é uma barreira orográfica proeminente em relação à área continental da Antártica, com cerca de 1.300 km de extensão e largura variando entre 35 km no extremo norte e quase 300 km na latitude 74°S. A altitude média ao longo do eixo central é superior a 1.500

metros. Essas características geográficas a tornam um importante controlador do clima, da circulação marinha e da dinâmica glacial da Antártica Ocidental (Ahlert e Siclerio, 2005).

O ambiente antártico tem recebido muita atenção da comunidade científica em virtude de sua importância para o planeta, decorrente principalmente das mudanças climáticas registradas neste local (Cook et al., 2005; Turner et al., 2005). Segundo Bockheim et al. (2002), em toda a região da Antártica, menos de 1 % (55.000 km²) de sua área é livre de gelo, e desta, aproximadamente 14 % (8.000 km²) está situada na Península Antártica e suas ilhas.

A Península Antártica é considerada uma área de transição climática entre a Antártica Marítima e a Antártica Continental. Sendo, portanto, de grande influência de processos típicos de regiões semidesérticas (Campbell, Claridge, 1987). Souza (2011) ressalta que a Antártica Marítima é mais úmida e quente devido aos ventos úmidos que descem do Oceano Atlântico e Oceano Pacífico, que por sua vez perdem quase toda essa umidade antes de atravessar a Península Antártica. Enquanto que a Antártica Continental possui temperaturas mais severas (abaixo de zero durante todo o ano) e, portanto, quase ausência de precipitação, constituindo um deserto polar.

A precipitação sobre a Península Antártica é controlada de forma significativa pela altitude, sendo que essa ocorre normalmente através da precipitação nival, contudo, nos meses de verão é frequente a ocorrência de precipitação líquida (chuva), especialmente nas áreas de menor altitude e nas regiões que apresentam temperaturas mais elevadas, como nas ilhas no lado oeste da península (Ahlert e Siclerio, 2005).

O clima na Península Antártica é um pouco mais quente e úmido que no restante da Antártica, devido a uma maior atuação de ciclones oceânicos (Campbell e Claridge 1987). A ilha Seymour é uma das áreas livres de gelo da Península Antártica e se destaca por ser a única a ser totalmente desprovida de geleiras. Para Gjorup (2013), os afloramentos da ilha são expostos a maior parte do ano, devido à falta de gelo permanente. Assim, Seymour representa uma importante área livre de gelo inserida numa zona de transição climática, e, portanto, apresenta grande potencial para estudos que se proponham a investigar ecossistemas periglaciais localizados na área de clima transicional, notadamente estudos das formas e processos geomorfológicos.

1.5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARIGONY-NETO, J. Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada baía do Almirantado, ilha Rei George, Antártica. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado, 2001.

AHLERT, S. Variações morfológicas do campo de gelo da Ilha Brabant, Antártica. / Siclério Ahlert. - Porto Alegre: UFRGS, 2005. [102 f.] il. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Centro Estadual de Pesquisas em Sensoriamento Remoto e Meteorologia. Programa de Pós-Graduação em Sensoriamento Remoto. Porto Alegre, RS - BR, 2005.

AHLERT, S.; ARIGONY NETO, J.; BREMER, U.F.; DANI, N.; DEBIASI, P.; NIEVINSKI, F.G.; FRANCELINO, M.R.; MEWS, F.L. Sistema de informação geográfica para a AAEG Baía do Almirantado: uma ferramenta para o monitoramento de impacto ambiental. In: SCHAEFER, C.E.; FRANCELINO, M.R. SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. (Editores). Ecossistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima Baía do Almirantado, Ilha Rei George. Viçosa, Editora UFV, 192 p, 2004.

AHLERT, S.; DEBIASI, P.; NIEVINSKI, F.G.; VELHO, L.F.; DANI, N. Integração de dados da Rede 2 do PROANTAR através do Sistema de Informações Geográficas: Resultados e Perspectivas. Programa e Resumos do XIII Seminário sobre Pesquisa Antártica. São Paulo, Centro de Pesquisas Antárticas, USP, 88-89 p, 2005.

ASSINE, M.L.; VESELY, F.F. Ambientes Glaciais. In: Pedreira, A.J., Aragão, M.A.N.F., Magalhães, A.J., Testa, N. (Ed), Ambientes de Sedimentação do Brasil. Salvador, CPRM, 2002.

BALLANTYNE, C.K., HARRIS, C. The Periglaciation of Great Britain. Cambridge: University Press. 330 p, 1994.

BAMBER, J.L.; KWOK, R. Remote-sensing techniques. In: BAMBER, J.L.; PAYNE, A. J. (Editores). 2004. Mass Balance of the Cryosphere: Observations and Modelling of Contemporary and Future Changes. Cambridge, Cambridge University Press, p. 59-113 p, 2004.

BOCKHEIM, J.G. Properties and classification of cold desert soils from Antarctica. Soil Sci. Soc. Am. J., 61: 224-231 p, 1995.

BOCKHEIM, J.G.; HALL, K. Permafrost, active-layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica. In: Periglacial Research. South African Journal of Science. n 98, 82-90 p. Janeiro-Fevereiro 2002.

BOULTON, G.S. Processes of glacial erosion on different substrata. Journal of Glaciology, 22: 15-38 p, 1979.

BOULTON, G.S.; DEYNOUX, M. Sedimentation in glacial environments and the identification of tills and tillites in ancient sedimentary sequences. Precambrian Research, v. 15, p. 397-422, 1981.

CAETANO-CHANG, M.R. Análise ambiental e estratigráfica do Subgrupo Itararé (PC) no sudoeste do Estado de São Paulo. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 309 p, 1984.

CAMPBELL, I.B.; CLARIDGE, G.G.C. *Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment*. Amsterdam: Elsevier, 405 p, 1987.

COOK, A.J.; FOX, A.J.; VAUGHAN, D.G.; FERRIGNO, J.G. Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. *Science*, 308: 541-544 p, 2005.

FLORENZANO, T.G. *Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais*. São Paulo: Oficina de Textos, 320 p, 2009.

FOGG, G.E. *A History of Antarctic Science*. Cambridge, Cambridge University Press, 483 p, 1992.

FRANCELINO, M.R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; FERNANDES, F.E.I.; ALBUQUERQUE, F.M.R.; SIMAS, F.N.B.; MOREIRA, G.F. Geoformas da Península Keller, Antártica marítima: subsídios ao monitoramento ambiental. In: Schaefer, C.E., Francelino, M.R., Simas, F.N.B. & Albuquerque Filho, M.R. de. (Ed). *Ecossistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. Viçosa-MG: NEPUT, 2004.

FRANCELINO, M.R. *Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica Marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da Península Keller*. Viçosa-MG: UFV. 101 p. Tese de Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas, 2004.

FRENCH, H.M. *The periglacial environment*. 3a ed. West Sussex: John Wiley & Sons, 2007.

GJORUP, D.F. *Solos e Geoambientes da porção norte da ilha Seymour (Marambio), Antártica / Viçosa*. Dissertação. Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas. Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2013.

GRUBER S.; PETER M.; HOELZLE M.; WOODHATCH I.; HAEBERLI W. Surface temperatures in steep alpine rock faces. A strategy for regional scale measurement and modelling. *Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost*, Int. Permafrost Assoc., Zürich, Switzerland, 325-330 p, 2003.

GRUBER, N.; FRIEDLINGSTEIN, P.; FIELD, C.B.; VALENTINI, R.; HEIMANN, M.; RICHEY, J.E.; ROMERO-LANKAO, P.; SCHULZE, D.; CHEN, C.T.A. In: Field, C.B., RAUPACH, M.R. (Eds.), *Toward CO2 stabilization: issues, strategies, and consequences*. Island Press, Washington, DC, pp. 45–76. IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*, 2004.

HALL, K. Mechanical weathering in the Antarctic. In J.C. Dixon, A.D. Abrahams (eds.), *Periglacial Geomorphology*, Wiley, Chichester, 103-123 p, 1992.

HALL, K. Review of present and Quaternary periglacial processes and landform of the maritime and sub-Antarctic region. *South African Journal of Science* 98, 71–81 p, 2002.

HARRIS, C.; MURTON, J. B. *Cryospheric Systems: Glaciers and Permafrost*. Geological Society, London, 2005.

HJORT, J. Environmental factors affecting the occurrence of periglacial landforms in Finnish Lapland: a numerical approach. Aachen: Shaker Verlag, 162 p, 2006.

HJORT, J.; LUOTO, M.; SEPPÄLÄ, M. Landscape Scale Determinants of Periglacial Features in Subarctic Finland: A Grid-based Modelling Approach. *Permafrost and Periglacial Processes*, 18: 115-127 p, 2007.

- HUGGETT, R.J. *Fundamentals of Geomorphology*, 3rd Ed. Routledge, Abingdon, Canada/New York, USA. 513 p, 2011.
- JANKE, J.R. Modeling past and future alpine permafrost distribution in the Colorado Front Range. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30: 1495-1508 p, 2005.
- KING, J.C.; TURNER, J. *Antarctic Meteorology and Climatology*. Cambridge University Press, Cambridge, 1997.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; RAMOS, M.; CRIADO, C.; SERRANO, E.; NICOLÁS, P. Anomalías geotérmicas y permafrost en la Isla Decepción, Antártida. *Proceedings V Simposio de Estudios Antárticos*. CICYT, Madrid, 223–234 p, 1996.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SERRANO, E. Geomorphology of Deception Island. In: López-Martínez, J., Smellie, J.L., Thomson, J.W., Thomson, M.R.A. (Eds.), *Geology and Geomorphology of Deception Island*. BAS Geomap Series, Sheets 6-A and 6-B. British Antarctic Survey, Cambridge, pp. 31–39, 2002.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SERRANO, E.; SCHMID, T.; MINK, S.; LINÉS, C. Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (Northern Antarctic Peninsula region). *Geomorphology* 155-156, 62-79 p, 2012.
- LUBIN D.; MASSOM R. *Polar Remote Sensing, Volume 1: Atmosphere and Polar Oceans*. Praxis-Springer; Chichester, England, and Berlin, Germany, p. 756, 2006.
- LUOTO, M.; HJORT, J. Generalized linear models in periglacial studies: terrain parameters and patterned ground. *Permafrost and Periglacial Processes*, 15: p.327-338, 2004.
- MENDES JUNIOR, C. W.; DANI, N.; ARIGONY-NETO, J.; SIMÕES, J. C.; VELHO, L. F.; RIBEIRO, R. R.; PARNOW, I.; BREMER, U. F.; FONSECA JUNIOR, E. S.; ERWES, H. J. B. Elaboração de um mapa topográfico na escala 1:5.000 para a península Keller, Ilha Rei George, Antártica. *Revista Brasileira de Cartografia*. n. 63/03, 453-466 p, 2010.
- RIDEFELT, H.; ETZELMÜLLER, B.; BOELHOUWERS, J.; JONASSON, C. Statistic-empirical modelling of mountain permafrost distribution in the Abisko region, sub-Arctic northern Sweden. *Norwegian Journal of Geography*, 62: 278-289 p, 2008.
- ROCHA, C.H.B. *Geoprocessamento. Tecnologia transdisciplinar*. 2. ed. Juiz de Fora, MG: Ed. do Autor. 220 p, 2002.
- ROSA, K.K.; VIEIRA, R.; FERRANDO, F.A.; SIMÕES, J.C. Feições sedimentológicas e geomorfológicas do ambiente de deglaciação das geleiras Wanda e Ecology, ilha Rei George, Antártica. *Pesquisas em geociências*, 2009.
- ROSS, J.S. Registro cartográfico dos fatos geomorfológicos e a questão da taxonomia do relevo. *Rev. Geografia*. São Paulo, IG - USP, 1992.
- SIEVERS, J.; BENNAT, H.; HEIDRICH, B. Topographic-glaciological features rendered in ERS-1 SAR and optical image data. *Revista SELPER* 9 (1/2): 17-22, 1993.
- SCHAEFER, C.E. Apresentação. In: Schaefer, C.E., Francelino, M.R., Simas, F.N.B. & Albuquerque Filho, M.R. de. (Ed). *Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George*. Viçosa-MG: NEPUT, 2004.

SCHWERDFEGER, W. Weather and Climate of the Antarctic, 1994.

SIMÕES, J.C.; ARIGONY NETO, J.; BREMER, U.F. O uso de mapas antárticos em publicações. *Pesq. Antárt. Bras*, 4: 191-198, 2004.

SMITH, M.J.; CLARK, C.D. Methods for the visualisation of digital elevation models for landform mapping. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(7), 885-900 p, 2005.

SOUZA, K.K.D. Gênese, mineralogia e classificação de solos desenvolvidos em semideserto polar -Ilha Seymour (Marambio), Península Antártica. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 50 p, 2011.

TURNER, J.; COLWELL, S.R.; MARSHALL, G.J.; LACHLAN-COPE, T.A.; CARLETON, A.M.; JONES, P.D.; LAGUN, V.; REID, P.A.; IAGOVKINA, S. Antarctic climate change during the last 50 years. *International Journal of Climatology*. 25, 279–294 p, 2005.

TURNER, J.; LACHLAN-COPE, T.A.; MARSHALL, G. J.; MORRIS, E.M.; MULVANEY, R.; WINTER, W. Spatial variability of Antarctic Peninsula net surface mass balance. *Journal of Geophysical Research*, 107, (D13), 4173; 10.1029; 18 p, 2002.

UGOLINI, F.C.; BOCKHEIM, J.G. Antarctic soils and soil formation in a changing environment: A review. *Geoderma*, v.144, 2008.

ZILBERSTEIN, S.; VIEIRA, R.; ROSA, K. K.; VELHO, L. F.; SIMÕES, J. C. Mapeamento de geomorfologia glacial com o uso de imagens Aster – "Ellsworth Mountains", manto de gelo da Antártica Ocidental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR). 2011, Curitiba. Anais. São José dos Campos: INPE, 3605-3610 p, 2011.

**FORMAS, PROCESSOS E MAPEAMENTO DA ILHA SEYMOUR,
ANTÁRTICA**

2.1 Introdução

A ciência cartográfica constitui-se numa importante ferramenta para as Ciências da Terra (Geociências), pois compreende a representação do espaço, das diversas variáveis que compõem a superfície terrestre, enfocando múltiplos aspectos tal qual a necessidade do pesquisador.

No caso da Geomorfologia, que, de acordo com Guerra (1972), é a ciência que estuda as formas do relevo, a sua gênese, estrutura, natureza das rochas, o clima da região e as diferentes forças endógenas e exógenas que, de forma geral, entram como fatores modeladores do relevo terrestre; a cartografia geomorfológica torna-se um dos mais importantes meios de comunicação e análise dos resultados obtidos para essa ciência. As diversas análises geomorfológicas, citadas no Capítulo 1, tornam-se muito mais ricas, lógicas e melhor entendidas quando acompanhadas de documentos cartográficos nos quais estejam especializadas.

Os processos geomorfológicos atuantes em áreas periglaciais são altamente específicos, bem como as geoformas geradas (Faria, 2010). De um modo geral, as paisagens glaciais do globo estão submetidas a mudanças controladas fortemente pelas condições ambientais locais (Bremer, 2008). Desta forma, nos ambientes periglaciais a evolução da paisagem está condicionada a dois critérios: ciclos de congelamento e descongelamento do solo e presença de permafrost (French, 2007; Gjorup, 2013). Sua atuação se concentra entre o inverno e o verão, em função da intensa variação de temperatura em torno do 0 °C (Faria, 2010).

Bremer (2008) ressalta que a maior parte da criosfera e de suas áreas periféricas localizam-se em pontos remotos da superfície terrestre. Por serem muitas vezes inacessíveis ao mapeamento através de técnicas tradicionais de campo, esses locais têm nos sistemas de sensoriamento remoto ferramentas científicas fundamentais para o seu estudo.

À vista disso, o sensoriamento remoto tem sido utilizado em análises de formas e processos geomorfológicos de ambientes glaciais (Clark, 1997), pois oferecem um conjunto de métodos e ferramentas que são úteis para monitorar a diversidade dos processos envolvidos nestes ambientes (Florenzano, 2009) e podem auxiliar na investigação destes processos e formas, contribuindo para o estudo da dinâmica glacial e periglacial de áreas de difícil acesso.

Desta forma, imagens de satélite são recursos imprescindíveis, contudo nem sempre de fácil obtenção para a Antártica.

A paisagem antártica experimenta diversas especificidades em relação a sua formação, que conferem características físicas, químicas e biológicas únicas no planeta. Elementos do meio físico e biótico, como a geologia, geomorfologia, clima, cobertura vegetal e solos fornecem informações sobre o passado, o presente e tendências para o futuro (Francelino et al., 2011).

Nesse sentido, ambientes periglaciais já foram estudados sob a perspectiva dos processos e formas do relevo (Tricart, 1970; Clark, 1988; French, 1996; Hall, 2002); e da distribuição e espacialização dessas formas (Araya e Hervé, 1972a; Araya e Hervé, 1972b; Barsch et al., 1985; Qingsong, 1989; Zhu et al., 1996; Baroni et al., 1997).

Somados a estas pesquisas, destacam-se os trabalhos dos pesquisadores Jefferson Simões e Carlos Ernesto Schaefer do grupo do INCT da CRIOSFERA. O primeiro grupo foca em pesquisas relacionadas às características sedimentológicas, geomorfológicas e glaciológicas da Antártica (Simões, et.al., 1999; Bremer et al., 2004; Simões et al., 2004; Vieira et al., 2005; Rosa et al., 2006; Rosa et al., 2009; Vieira et al., 2011; Rosa et al., 2013). O segundo grupo de pesquisadores estuda os ecossistemas terrestres da Antártica com destaque para dinâmica do permafrost e interações pedogeomorfológicas em ambientes da antártica marítima, peninsular e continental (Francelino et al., 2004; Faria, 2010; Francelino et al., 2011; Souza, 2011, Gjorup, 2013; Michel et al., 2014; Schaefer et al., 2015).

Outro grupo de destaque é comandado pelo pesquisador espanhol Jeronimo Lopez-Martinez, que vem trabalhando principalmente em mapeamentos geomorfológicos na Antártica Marítima (Simonov, 1977; Serrano et al., 1996; López-Martínez e Serrano, 2002). Alguns destes mapas e os textos associados contêm informações relevantes sobre a geomorfologia periglacial de outras ilhas da Antártica Marítima (López-Martínez et al., 1996; Birkenmajer, 1997; Serrano e López-Martínez, 1997a; 1997b; López-Martínez et al., 2000; 2002; Serrano e López-Martínez, 2004; Martín-Serrano et al., 2005).

Outros trabalhos já relacionaram a geomorfologia com as técnicas de Sistemas de Informação Geográfica e Sensoriamento Remoto (Arigony-Neto, 2001; Smith et al., 2005), ressaltando a importância dos dados de sensoriamento remoto para espacialização das formas e compreensão dos processos geomorfológicos (Bolch e Kamp, 2006; Florenzano, 2009). Mais especificamente, para a área em estudo - Ilha Seymour - há trabalhos como os de Tatur et al. (1993), Omoto (1994), Corte (1983), Zinsmester (1983), Malagnino et al. (1981), Ermolin, et al. (2002) e Nozal et al. (2007).

Desta forma, os mapeamentos geomorfológicos gerados caracterizam-se como um produto cartográfico de síntese apoiado em atividades de campo, análises laboratoriais e processamento e interpretação de imagens (Zilberstein et al., 2011). Apesar das pesquisas acima

mencionadas, a área em questão ainda carece de mais estudos, de uma base cartográfica mais atualizada e detalhada, visto que diante da variabilidade climática ocorrida na Ilha Seymour, o mapeamento geomorfológico servirá como subsídio para monitoramento de mudanças ambientais. Por isso, estudos que abrangem a base de processos e formas do relevo associadas ao ambiente periglacial, bem como as suas modificações, têm o interesse especial nas condições atuais do aquecimento de clima, dado que a área de pesquisa constitui uma importante área livre de gelo inserida neste setor climático transicional, sendo representativa dos ambientes periglaciais.

2.2 OBJETIVO

2.2.1 Geral

Identificar, analisar e mapear, as feições geomorfológicas que compõem a paisagem da Ilha Seymour, a partir da integração de informações obtidas de imageamento de satélites e fotografias, sintetizados sob a forma de produtos cartográficos, gerando subsídios ao gerenciamento ambiental desta área.

2.2.2 Específicos

- a) Identificar e analisar quanto a sua gênese as feições geomorfológicas da Ilha Seymour;
- b) Estruturar uma base de dados cartográfica em escala adequada aos estudos, utilizando as ferramentas do sistema de informações geográficas (SIG) integrada com as técnicas de sensoriamento remoto;
- c) Gerar Modelo Digital Elevação com relevo sombreado e a declividade da área em estudo;
- d) Gerar perfil topográfico para os mapas de geologia e geomorfologia;
- e) Digitalizar a hidrografia;
- f) Mapear as unidades de relevo da ilha Seymour;

2.3 Área de pesquisa

2.3.3 Localização da Ilha Seymour

A Ilha Seymour localiza-se no extremo nordeste da Península Antártica, em uma região de transição climática entre os domínios da Antártica Marítima e da Antártica Continental. De acordo com Nozal et al. (2007), a ilha faz parte do grupo de Ilhas James Ross, e se localiza no norte do Mar de Weddell, a aproximadamente 100 km da extremidade norte da Península Antártica. Encontra-se ao redor das coordenadas $64^{\circ} 17' S$ latitude e $56^{\circ} 45' W$ longitude, e ocupa uma área de aproximadamente 20,5 km no sentido NE-SW por 9,6 km de largura (Elliot et al., 1975).

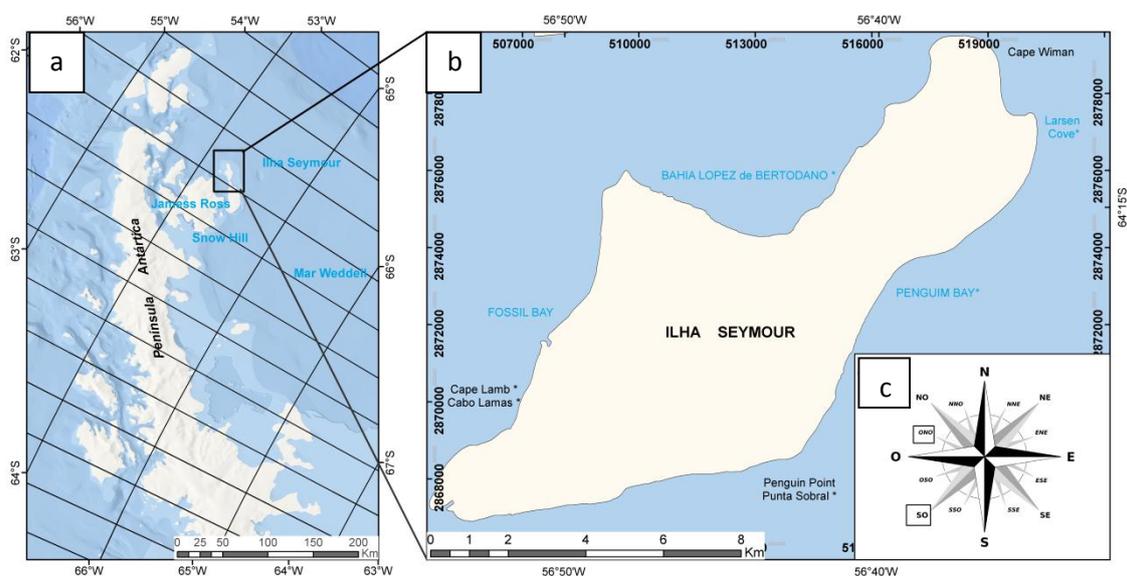


Figura 2: Localização da Ilha Seymour, no contexto da Península Antártica (a); Limites da ilha (b); e direção dos ventos predominantes (c).

2.3.4 Quadro Físico da Ilha Seymour

A Ilha de Seymour de acordo com Sadler (1988) é majoritariamente composta por rochas sedimentares originadas entre o Cretáceo e o Terciário. Também são observados diques de basalto pliocênicos encaixados entre os sedimentos na porção sudeste da ilha. Além disso, depósitos superficiais quaternários de diferentes naturezas são observados.

A geologia da ilha esta subdividida em cinco formações: *Sobral* (Paleoceno), *Cross Valley* (Paleoceno superior), *La Meseta* (Eoceno), *López de Bertodano* (Cretáceo-Paleoceno)

(Macellari, 1988) e *Weddell Sea* (Zinsmeister et al., 1983). Elliot e Hoffman (1989) apontam para a Formação *Wiman* como uma sexta unidade (ainda em revisão).

As Formações *Sobral*, *Cross Valley* e *La Meseta* apresentam-se como sedimentos arenosos, frequentemente de areias glauconíticas, intercalados de siltitos betuminosos e argilitos contendo sulfetos. Concreções carbonáticas de diversas formas são predominantes em vários níveis de rochas do Paleogénico, particularmente, nos fósseis da formação *La Meseta*. Enquanto que os conglomerados arenosos de origem vulcanoclástica, contendo fragmentos de *shard* são mais comuns na formação *Cross Valley* (Elliot e Trautman, 1982). Onde as superfícies erosivas da base e do topo são similares àquelas que geraram a Formação *Sobral* (Montes et al., 2007). A Formação *López de Bertodano* é dominada por sedimentos arenossiltosos mais soltos do Cretáceo (maciços somente na base) (Macellari, 1988). Esses sedimentos são geralmente mais homogêneos e de maior densidade quando intemperizados devido ao menor conteúdo de betume e sulfetos (Tatur et al., 1993). A sua formação é de origem marinha, com abundante fauna fóssil, o que torna o material mais consolidado e com baixo grau de diagênese.

Um depósito de origem glacial - denominado Formação *Weddell Sea* - ocupa o topo da parte culminante da ilha, estratigraficamente sobre a formação *La Meseta*. A Formação *Weddell Sea* é formada por um lençol de Till terrestre de aproximadamente 4 m de espessura, contendo abundantes erráticos e fósseis retrabalhados em uma matriz de argila siltosa, apresentando uma origem pós-Pleistoceno superior (Gazdzicki et al., 2004).

Com clima descrito por Aquino et al. (2004); Boiaski et al. (2006); e Nozal et al. (2007), como pseudo-continental ou subpolar semiárido. Boiaski et al. (2006) observam que na Ilha as temperaturas mínimas são observadas entre junho e julho, enquanto as máximas ocorrem de dezembro a janeiro, com temperaturas médias que oscilam entre -5°C e -10°C e média anual de -8,3 °C.

A Ilha se insere numa zona de transição entre os domínios climáticos da Antártica Marítima e da Antártica Continental. Com direção predominante do vento sudoeste (SO), embora registre-se também fortes ventos catabáticos, quentes e secos, provindo do setor Oés-nordeste (ONO) (Figura 01). Este comportamento pode ser explicado pelo ar frio que escoia do continente acompanhando a configuração topográfica da Península Antártica, e pela cobertura de gelo sobre o Mar de Weddell que se estabelece ao longo da maior parte do ano.

Os estudos de Gutiérrez, Nozal et al. (2007) afirmam que as precipitações na Ilha Seymour não superam os 250 mm anuais, dos quais no máximo 20 % são em forma líquida, sendo assim, a presença de água em superfície é devido principalmente ao degelo.

Sob o ponto de vista morfodinâmico, Nozal et al. (2007) afirma que a ilha encontra-se em ambiente periglacial, sujeita, portanto, a processos ligados ao congelamento e descongelamento. Uma das características morfológicas mais significativas é a ausência de geleiras durante ano, assim como acumulações permanentes de neve durante o verão.

Toda a ilha é cortada por fluxos de água sazonais, os quais formam vales e ravinas que penetram o substrato. O sistema hídrico superficial é dado por uma série de pequenos cursos de água com regime transitório, ativos apenas durante a época estival, que vazam das bacias drenagem para o mar de Weddell. A atividade dos cursos de água é variável e depende fortemente das condições meteorológicas (Silva Busso et al., 2000; Silva Busso, 2004). Os estudos de Sanchez e Silva Busso (1999) apontam que a água disponível no sistema hídrico superficial tem duas origens: ablação dos neveiros e o derretimento da camada ativa por conta da maior variação de temperatura nos períodos de verão.

A Ilha possui permafrost com espessuras entre 180-200 cm e temperaturas do solo menores que $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Fukuda et al., 1992). Durante o inverno, o solo fica coberto de neve e congelado até a superfície, porém, durante o verão a superfície do terreno se funde, constituindo a camada ativa. Geralmente, este descongelamento estacional começa em novembro, coincidindo com o derretimento das acumulações de neve do inverno, estendendo-se até o final de fevereiro. A espessura da camada ativa é muito variável, tendo sua máxima profundidade nas vertentes suaves do norte e noroeste e nas rampas dos terraços marinhos (Ermolin e De Angelis, 2002).

Para Souza (2011), o vento é um fator de fundamental importância no desencadeamento de intemperismo e evolução da paisagem na ilha. Ainda de acordo com a autora, Gutiérrez et al., (2011) e Omoto (1994), o vento estaria atuando como um fator limitante para o estabelecimento de vegetação, fato este que também pode estar atrelado à elevada salinização dos solos presentes na ilha.

Souza et al. (2014) e Schaefer et al. (2015), observaram que a definição dos diferentes pedoambientes na Ilha Seymour está intimamente condicionada a influência do material de origem, sua natureza e constituição. Desta forma, os solos foram agrupados em três grupos respectivamente: solos alcalinos pouco evoluídos sobre arenitos e siltitos; solos sulfatados ácidos e solos ornitogênicos. Os solos alcalinos constituíram o grupo mais abundante na ilha, com solos pouco evoluídos pedogeneticamente e com pouca alteração do substrato subjacente. Por outro lado, os solos sulfatados ácidos estão associados à oxidação do material sulfetado do material de origem e representam os solos mais intemperizados, com intensa formação de minerais secundários. Já os solos ornitogênicos são bastante restritos, localizados em uma única área da ilha. De forma geral, os solos ornitogênicos da ilha apresentam estreita faixa de fosfatização e pouca interação do material orgânico depositado pelas aves com o material mineral do substrato devido às condições climáticas semiáridas (Souza et al., 2014; Schaefer et al., 2015). Embora pouco representativos e com a fosfatização pouco evoluída quando comparada a outras áreas mais úmidas da Antártica, os solos ornitogênicos da Ilha Seymour apresentam desenvolvimento pedogenético maior que os ambientes alcalinos da ilha. Isso pode

ser observado pelo desenvolvimento de estrutura e presença de minerais secundários, além da forte ação microbiológica (Souza et al., 2014; Schaefer et al., 2015).

2.4 Material e Métodos

A identificação e análise das feições geomorfológicas da ilha Seymour foram realizadas inicialmente, pela interpretação de fotografias tomadas na visita à área de estudo; e posteriormente, pelo auxílio de ferramentas de geoprocessamento. Os registros fotográficos, de locais estratégicos elucidaram sobremaneira a pesquisa e facilitaram a discussão dos processos geomorfológicos atuantes. Os registros fotográficos foram carregados no banco de dados de modo a ser feita a associação com os pontos de descrição da paisagem e de formações superficiais.

O mapeamento geomorfológico dos ambientes periglaciais na Ilha Seymour foi elaborado pela análise do modelo digital de elevação, declividade, perfis topográficos, fotografias convencionais, bem como pela imagem GeoEye. A identificação das formas foi baseada em Glasser et al. (2005), Glasser e Jansson (2005), Hubbart e Glasser, (2005), Smith e Clark (2005), Smith et al. (2006); Gustavsson et al. (2006). A realização da análise dos processos, formas e mapeamentos da Ilha Seymour faz parte e dá continuidade aos trabalhos realizados em 2011 durante a OPERANTAR XXIX por Souza et al. (2014) e Schaefer et al. 2015.

Foram confeccionados o *Modelo Digital de Elevação* (MDE), bem como os dados morfométricos de declividade e sombreamento em escala 1:25.000. Tal base foi montada a partir da digitalização e vetorização da Carta topográfica elaborada pela *Geological Society of Americana Memoir*, complementarmente foi utilizada a base de dados da *Antarctic Digital Database* (ADD).

Todos os mapas foram gerados a partir da extensão ArcMap® 10.1 do software ArcGIS® 10.1 (ESRI, 2010) e todos os arquivos finais estão apresentados no formato *shapefile*. O mapa geomorfológico foi obtido a partir da interpretação visual da cena orbital GeoEye, obtida em setembro de 2010. Os dados foram georreferenciados ao sistema de projeção cartográfica *Universal Transversa de Mercator* (UTM), zona 21S, com o elipsóide de referência *World Geodetic System 1984* (WGS84).

A seguir, estão descritos de forma mais detalhada os procedimentos realizados relativos ao trabalho de geoprocessamento.

2.4.1 Georreferenciamento e vetorização de carta topográfica

As Curvas de Nível e hidrografia foram geradas a partir da digitalização e vetorização da carta topográfica elaborada pela *Geological Society of Americana Memoir*. Como a imagem *GeoEye* já se encontrava na projeção Universal Transversa de Mercator (UTM), zona 21S, tanto as cartas topográficas quanto as demais bases de dados foram georreferenciadas (co-registrada) usando esse mesmo sistema cartográfico, a partir da ferramenta *Georeferencing* no ArcMap® 10.1.

Após o georreferenciamento, foi feita a vetorização das feições representadas na carta imagem. Cada linha, ponto e polígono foram representados na forma vetorial. A Vetorização foi feita pelo método semiautomático, consistindo num processo manual e automático ao mesmo tempo. Este método nos permite definir o sentido da digitalização, além das feições que devem ser digitalizadas, tendo se mostrado útil já que um dos objetivos era a vetorização da hidrografia, no qual era necessária a definição do sentido de fluxo, para posterior análise de redes de drenagem. O resultado foi positivo e o material amostrado mostrou-se adequado ao desenvolvimento da pesquisa.

2.4.2 Modelos digital de elevação (MDE)

O Modelo Digital de Elevação (MDE), apresentado no (Anexo A), foi elaborado a partir de dados altimétricos obtido da carta topográfica na escala de 1:20.000, pelo serviço *Geological Society of Americana Memoir*, que posteriormente foram convertidos em *shapefile*, com a utilização do software comercial ArcGis® 10.1.

Os MDE's são muito úteis para análises geomorfológicas (Wilson e Gallant, 2000; Smith e Clark, 2005). A partir da sobreposição do MDE a imagem de satélite da ilha, foi possível gerar uma imagem 3D da área que foi de grande valia para as interpretações geomorfológicas mais gerais, como a definição de seus grandes compartimentos.

2.4.2.1 Declividade

A declividade (Anexo B), assim como a altitude, é um parâmetro topográfico habitualmente usado em estudos geomorfológicos e periglaciais (Hjort, 2006). Enquanto a altitude se encontra diretamente relacionada com a temperatura do ar, distribuição de neve e intensidade de radiação solar, a declividade, para além destas duas últimas, exerce também uma forte influência gravimétrica nos processos geomorfológicos (Selby, 1993), uma vez que

condiciona o escoamento da água, a erosão potencial e, conseqüentemente, a espessura da camada ativa do solo (Melo, 2006).

O mapa de declividade também foi gerado no software ArcGIS 10.1®, com o uso das ferramentas *Slope* e *Reclassify*. Foi utilizado como dado de base a hidrografia e as curvas de nível extraídas a partir da carta topográfica do serviço *Geological Society of Americana Memoir*, e a classificação da declividade das formas do relevo teve como referência os mesmos valores percentuais utilizados pela Embrapa, (1979). O mapa de declividade foi elaborado com seis classes temáticas, definidas com as áreas absolutas e relativas de cada classe dos mapas declividade.

2.4.2.2 Perfil topográfico

Os perfis topográficos foram elaborados a partir de alinhamentos nos sentidos norte-sul e leste-oeste traçados sobre o modelo digital de elevação. A partir da extensão *3D analyst*, na função *Interpolate Line* e posteriormente a função *Creat Profile Graph*. Essa ferramenta possibilita de forma simples a visualização do relevo em regiões específicas da paisagem.

Busca dessa forma, fornecer uma imagem precisa da topografia ao longo da linha de interseção, informando sobre a geometria das vertentes, comprimento de rampa, rupturas de declive, e a simetria e dissimetria dos vales.

2.4.3 Processamento de imagens de satélite

A imagem de satélite utilizada foi a cena orbital GeoEye de setembro de 2010. Ela é o resultado da fusão de três bandas multiespectrais com resolução espacial de 0,5 m. A cena de trabalho foi uma composição dos canais vermelho verde e azul, correspondendo às bandas 1, 2 e 3. A cena foi obtida com fraca cobertura de nuvens, e esta composição foi considerada de ótima qualidade para o trabalho.

2.4.4 Digitalizações em tela das unidades geomorfológicas

O mapa temático de geomorfologia foi realizado pela interpretação visual da imagem de Satélite Geoeeye com base nos padrões fotográficos; e a digitalização das classes temáticas das unidades de relevo foram realizadas diretamente na tela do computador. Estes procedimentos foram realizados praticamente ao mesmo tempo e a maior preocupação foi com a melhor identificação, delimitação e digitalização das classes temáticas. Para facilitar a discriminação dos alvos de interesse, ou seja, para melhorar a qualidade dos dados originais, foram realizados alguns processamentos nas imagens, como: ampliação de contraste e de área, aplicação de

filtros e composições coloridas (Novo, 1992). A utilização das composições coloridas permite a aquisição de maior quantidade de informação, e as várias composições coloridas facilitam a identificação dos alvos, pois os alvos apresentam comportamento espectral diferentes em cada banda.

As técnicas de processamento de imagens digitais utilizadas melhoraram a capacidade interpretativa das imagens para identificação, delimitação e digitalização de todas as unidades de relevo que compõe a paisagem da Ilha Seymour. A interpretação foi realizada com base nos elementos constantes nas imagens, tais como a forma, tonalidade, textura e o padrão.

2.5 Resultados e Discussão

2.5.1 Aspectos gerais da paisagem: fatores e processos

A ilha de Seymour constitui uma importante área livre de gelo da Antártica por estar inserido em um setor climático transicional, o que lhe confere um padrão próprio de desenvolvimento de sua paisagem. Seis fatores principais atuam - quase sempre de forma interativa - para a geração dos processos geomorfológicos responsáveis pela formação das paisagens da ilha. São eles: (i) processos criogenéticos periglaciais; (ii) processos fluviais; (iii) processos lacustres; (iv) processos eólicos; (v) processos marinhos; quase sempre submetidos a um (vi) controle estrutural ou geotectônico.

A ilha se situa numa zona de permafrost contínuo e perene (Gutiérrez et al., 2011), embora sua superfície não seja atualmente coberta por geleiras, como seus vizinhos - Ilhas Snow Hill e James Ross. Como no restante da Antártica, durante o inverno, toda a ilha fica permanentemente coberta por neve/gelo; e durante o verão, esta cobertura se torna transitória, condicionada à precipitação nival (Figura 02).

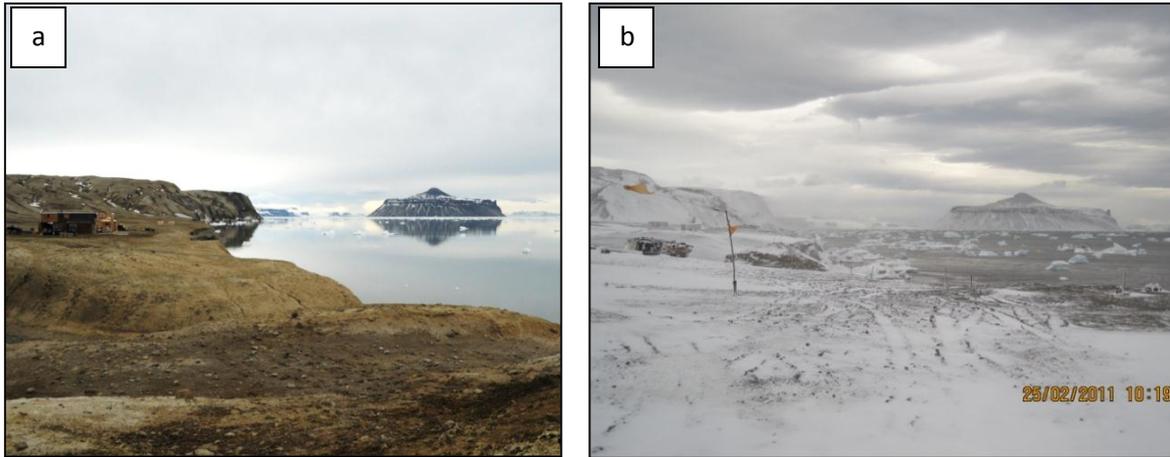


Figura 02: Superfície da ilha antes (a) e depois (b) de uma nevasca. Detalhe da ilha Cock Burn, à direita, nas duas fotografias.

Assim, a ação de processos periglaciais clássicos representa uma importante via modeladora da superfície da ilha. A presença de permafrost e os ciclos descongelamento e congelamento da camada ativa contribuem para a evolução criogenética de Seymour. Diversas são as evidências destes agentes na ilha. Em cotas mais baixas da paisagem é possível observar diversos afloramentos de domos e cunhas de gelo (Figura 03), provenientes do degelo seletivo do substrato, formando feições de *thermokarst*.

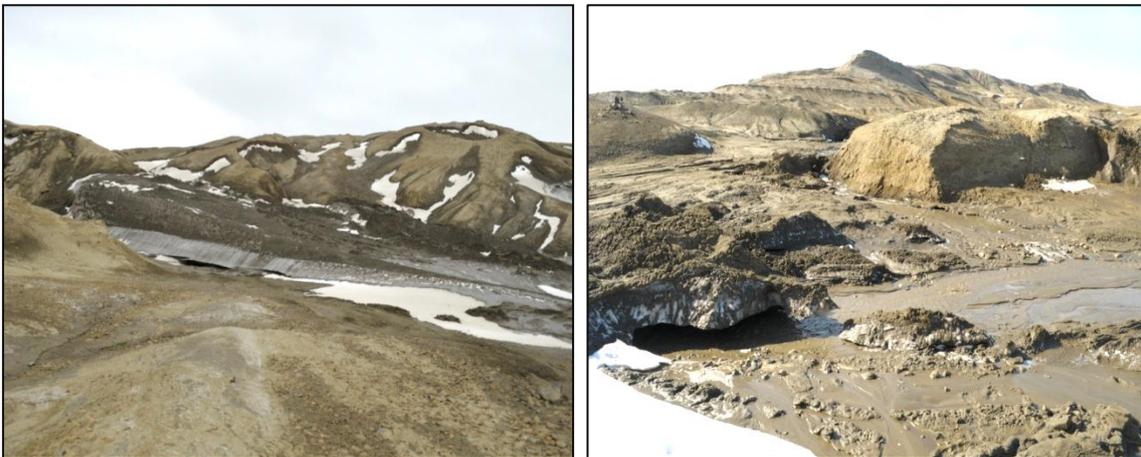


Figura 03: Exemplos de cunhas de gelo aflorantes.

Em outra porção mais elevada, localizada na base de uma grande superfície protegida, aparece um extenso campo de solos poligonais (Figura 04 e 08). Esta feição periglacial consiste no surgimento de padrões na superfície do solo produzidos pela segregação de materiais de diferentes tamanhos como resultados de ciclos de congelamento e descongelamento da camada ativa. Trata-se do processo de crioturbação, bastante típico em solos de diversas regiões da Antártica (Bockheim e Tarnocai, 1998). Esses autores afirmam também que em regiões periglaciais mais úmidas e com temperaturas mais amenas, como na Antártica Marítima, a

crioturbação é severa e, por isso, os padrões em superfície são mais bem formados. Assim, para regiões sob condições climáticas transicionais da Antártica esse processo assume importância secundária já que eventos com temperaturas positivas são mais raros.

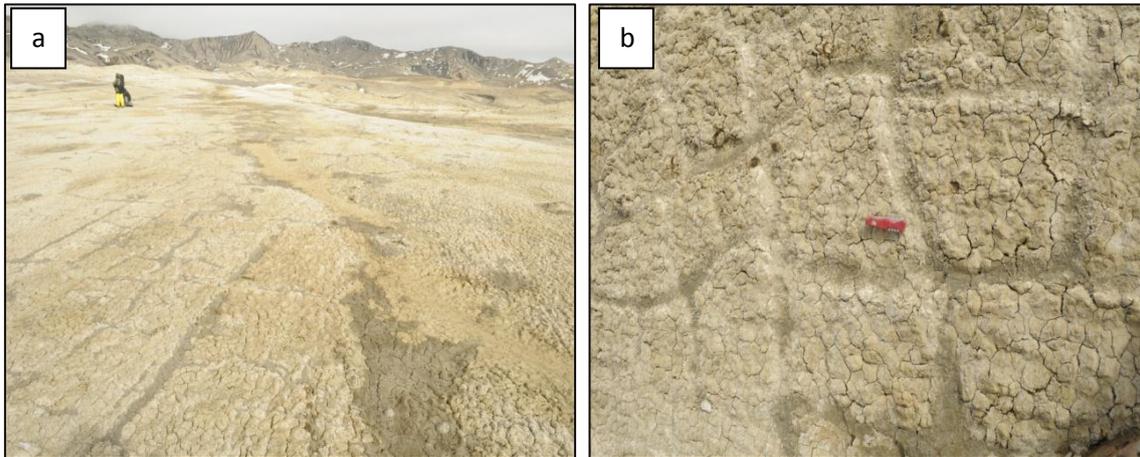


Figura 04: Solos com padrões, visão geral (a) e no detalhe (b).

Embora os processos periglaciais sejam abundantes, poucas são as evidências de processos glaciais pretéritos. Um típico vale glacial em U, localizado na porção central da ilha, se apresenta como uma feição fóssil que conecta a paisagem periglacial atual de Seymour com um passado de glaciação continental (Figura 05). Outra evidência glaciogênica é observável pelo mapa geológico (Anexo C) que indica que a parte culminante da ilha corresponde a uma superfície plana residual, coincidente com depósitos flúvioglaciais de Till da Formação Weddell Sea. Nesse caso, indicando a interação do fator estrutural com seu passado glacial. Possivelmente, estas duas evidências de glaciação continental relacionam-se à mesma época (último máximo glacial).

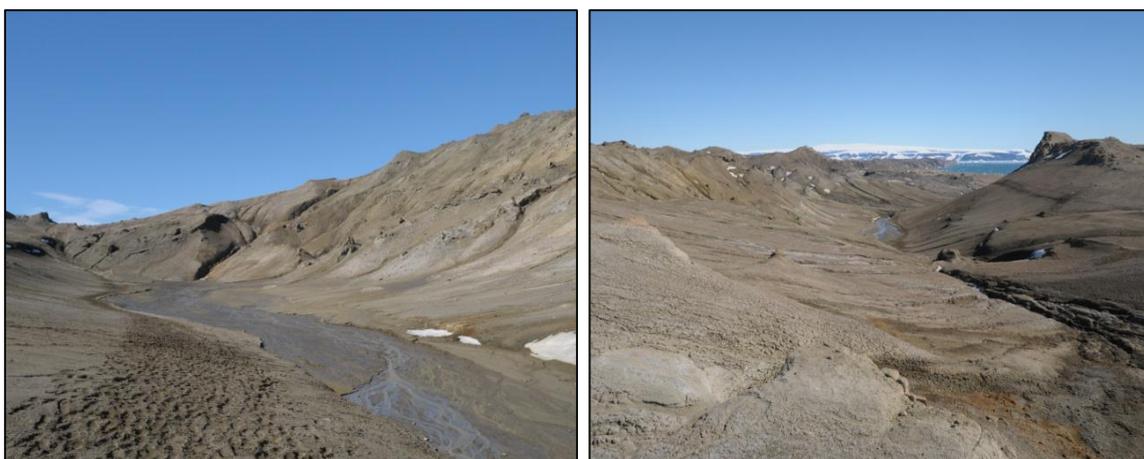


Figura 05: Vale glacial fóssil

O sistema de drenagem superficial de Seymour hierarquiza-se segundo a influência de condicionantes sedimentológicos e geotectônico. A partir da análise da Drenagem (Anexo D), é possível observar que os cursos d'água de primeira e segunda ordem nascem dos nichos de nivelação e possuem um controle basicamente sedimentológico. Por outro lado, as drenagens de terceira ordem e maiores - aquelas que desembocam no mar - possuem um claro controle geotectônico. Gjrup (2013) afirma que os pequenos canais de drenagem sazonais são fruto do impedimento ao livre movimento descendente da água imposto pelo permafrost. Esse processo é responsável por fluxos laterais grandemente favorecidos nas encostas, em função da declividade (Gjrup, 2013). Além disso, o mais desenvolvido curso d'água da ilha está encaixado ao já mencionado vale glacial fóssil da Formação Cross Valley. Esse condicionamento a uma estrutura pré-existente, explica o calado e, principalmente, a largura desse vale, incompatíveis com a dinâmica hídrica atual.

Parte dos processos fluviais atuantes na ilha é, fundamentalmente, processos flúvioglaciais. Isso porque, a entrada de água líquida se restringe a eventos isolados de precipitação com temperaturas positivas durante o verão. Na maior parte do tempo, a precipitação é nival, que se acumula nas reentrâncias do relevo. Assim, os processos se constituem como flúvioglaciais, haja vista que provém principalmente da ação da água de degelo dos neveiros e da fusão da camada ativa. Isso explica o fluxo intermitente do sistema hidrográfico superficial da ilha, notadamente cursos secundários.

De acordo com Souza et al. (2014), o vento é um fator de fundamental importância no processo erosivo e evolução da paisagem em Seymour. O vento participa no transporte, seleção, arredondamento e redistribuição de diversos materiais, notadamente, sedimentos finos, processo responsável pela formação dos pavimentos pedregosos observados em diversas superfícies (Figura 06a). A intensidade de ocupação da superfície por clastos exhibe um claro incremento nas porções mais elevadas da ilha. Isso se explica pelo fato da ilha ter sido, no passado, assoalho oceânico que soergueu em diferentes momentos, culminando em diferentes gerações de superfícies soerguidas. Os clastos que compõem os pavimentos pedregosos da ilha não são fragmentos de rocha residuais, como em outras porções da Antártica, já que as litologias da ilha são fracamente cimentadas. Na verdade, a superfície da ilha é coberta por meganódulos nucleados por pirita e concrecionados pelos produtos de sua oxidação – jarosita e óxidos de ferro de baixa cristalinidade. Esses meganódulos (Figura 6b) são formados dentro do sedimento e são expostos pela retirada do material mais leve no qual está emerso. Além disso, montículos residuais de erosão eólica são reportados por Souza et al. (2014) na saída do sistema de drenagem principal na porção central da ilha (Figura 6a).

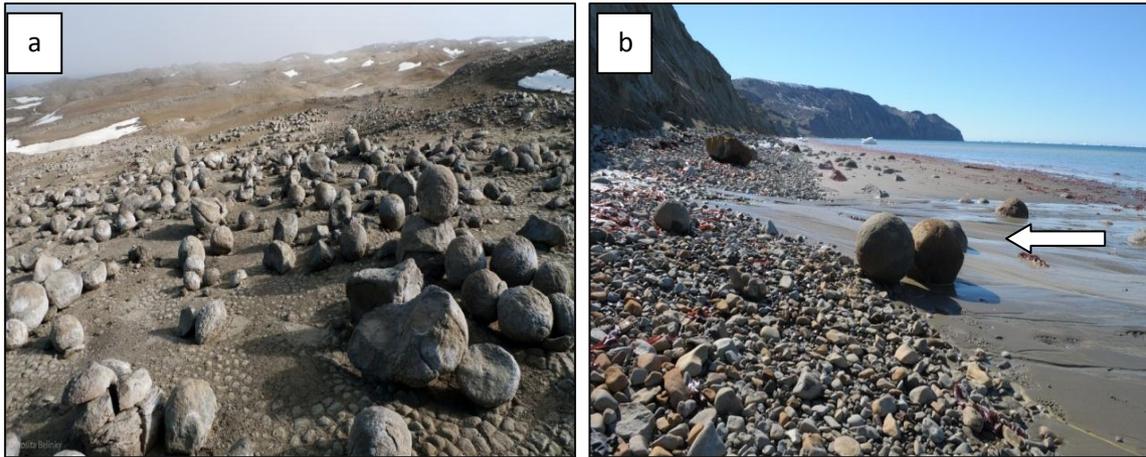


Figura 06: Superfícies da ilha cobertas por clastos de diversos tamanhos (a); *mega nódulos* formados a partir da exposição da pirita (b).

Por sua condição insular, a ação erosiva e deposicional marinha são ativas em todo o perímetro da ilha. Toda a face da ilha voltada para a península é composta por uma extensa plataforma marinha rasa, na verdade, uma planície de maré. Por outro lado, a face voltada para o Mar de Wendell trata-se de uma plataforma marinha profunda, típica de margem de formação tectônica passiva. Como já ressaltado, a ilha representa o produto do soerguimento de antigas plataformas marinhas. A abundância de fósseis encontrados principalmente na Formação *La Meseta* e *Cross Valley*; e certa concordância dos topos das plataformas são evidências dessa condição pretérita.

O controle estrutural e tectônico sobre as formas do relevo é evidente, como já mencionado. Em relação ao controle estrutural, Gjorup (2013) notou pontos e cristas proeminentes concordantes com estratos resistentes das rochas. Para esse autor, o controle tectônico também é claro e linhas de falha geralmente limitam compartimentos altimétricos de relevo (Gjorup, 2013).

2.5.2 Unidades de relevo da Ilha Seymour

A ilha possui uma área total de 77 km², com um gradiente altitudinal brando, com cotas variando do nível do mar até 220 metros de altitude (Anexo A e Tabela 01). Tais características fisiográficas relacionam-se ao substrato sedimentar pouco tectonizado da ilha, que lhe conferiu uma paisagem, de forma geral, pouco movimentada e tabuliforme. O mapa de declividade (Anexo B) corrobora esse fato, já que a ilha possui um relevo predominantemente ondulado (30,1 %), seguido de áreas com relevo suave ondulado (27,1 %), plano (20,9 %), forte ondulado (17,2 %) e em menor proporção montanhoso (4,2 %) e escarpado (0,5 %) (Tabela 02).

Tabela 01: Distribuição absoluta e relativa das classes de relevo da Ilha Seymour

Altitude (m)	Área (Km)	Área (%)
0 - 20	22,653313	29,6%
20 - 40	18,430974	24,1%
40 - 60	12,461757	16,3%
60 - 80	8,797113	11,5%
80 - 100	4,508635	5,9%
100 - 120	2,310288	3,0%
120 - 140	2,198574	2,9%
140 - 160	1,240037	1,6%
160 - 180	1,029553	1,3%
180 - 220	2,891694	3,8%
TOTAL	76,521938	100,00%

Tabela 02: Contribuições absolutas e relativas de cada classe de declividade da Ilha Seymour

Nome da Classe	Declividade (%)	Área (Km)	Área (%)
Plano	0 - 3	15,972213	20,9%
Suave ondulado	3 - 8 %	20,717976	27,1%
Ondulado	8 - 20%	23,039822	30,1%
Forte Ondulado	20 - 45%	13,141007	17,2%
Montanhoso	45 - 75 %	3,230325	4,2%
Escarpado	> 75%	0,420595	0,5%
TOTAL	----	76,521938	100,00%

A partir da imagem 3D da ilha (Figura 07) podem-se observar três setores com distintas morfologias. O primeiro setor é composto pela superfície estrutural de cimeira – chamada *La Meseta* – localizado no extremo norte da ilha, atingindo 220 metros de altitude. Ao sul, os terrenos são mais rebaixados e apresentam morfologia cuestiforme, com cotas variando do nível do mar até 105 metros de altitude. Por fim, dividindo os outros dois setores, há na porção central da ilha uma área deprimida composta por extensos vales de natureza flúvioglacial.



Figura 07: Visão 3D da ilha Seymour, sobrepondo o mosaico ao modelo digital de elevação

Doze unidades de relevos foram identificadas e mapeadas na ilha Seymour. São elas: superfície estrutural de cimeira; encostas íngremes; encostas suaves; superfície estrutural muito dissecada; superfície estrutural pouco dissecada; planície de maré; planície flúvioglacial; planície fluviomarinha; praias, terraços marinhos e falésias; depósito de talús; solos poligonais; e lagos.

Tabela 03 Unidades Geomorfológicas mapeadas na ilha Seymour

Unidades Geomorfológicas	Área (%)
1 - Superfície estrutural de cimeira	4,79 %
2 - Superfícies estruturais pouco dissecadas	21,8 %
3 - Superfícies estruturais muito dissecadas	23,2 %
4 - Encostas Íngremes	5,4 %
5 - Encostas Suaves / Processos de solifluxão	13,9 %
6 - Planícies Fluviomarinha	9,4 %
7 - Planícies Flúvioglaciais	5,2 %
8 - Planícies de Maré	0,55%
9 - Praias Terraços Marinhos e Falésias	12,1 %
10 - Depósitos de talús	1,5 %
11 - Solos com padrão/ Solos Poligonais	1,49 %
12 - Lagos	0,67 %
TOTAL	100 %

GEOMORFOLOGIA DA ILHA SEYMOUR - ANTÁRTICA

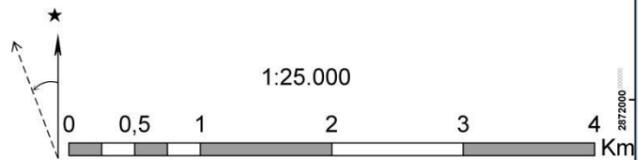
Legenda

Formas e depósitos fluviais, lacustres e marinhos

- 1 - Superfície estrutural de cimeira
- 2 - Encostas Íngremes
- 3 - Encostas Suaves
- 4 - Superfície Estrutural Pouco Dissecada (aprox. 25-60 m)
- 5 - Superfície Estrutural Muito Dissecada (aprox. 68-105 m)
- 6 - Praias e Falésias
- 7 - Planície Flúviomarinha
- 8 - Planície Fluvioglacial
- 9 - Planície de maré
- 10 - Lagos
- Vales encaixados

Formas e depósitos periglaciais e nivação

- 11 - Solos com Padão / Solos Poligonais
- 12 - Depósitos de tálus
- Nichos de Nivação
- Processos de Solifluxão



Informações de Coordenadas:
Universal Transversa de Mercator (UTM)
World Geodetic System 1984 (WGS84)

Equipe Técnica:
Mariane P. Batalha Roque
Caroline Delpupo Souza
Andre L. Lopes Faria

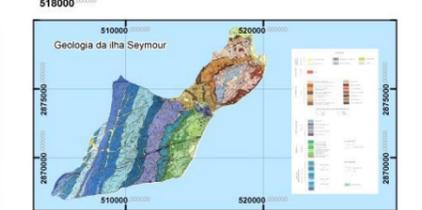
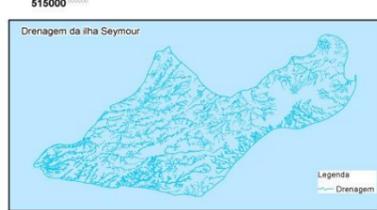
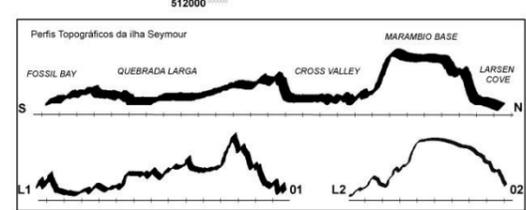
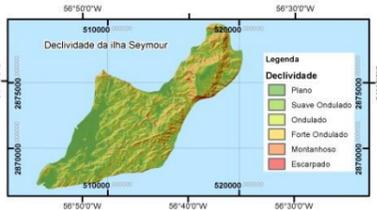
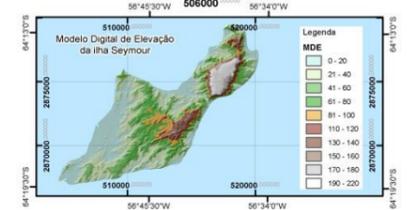
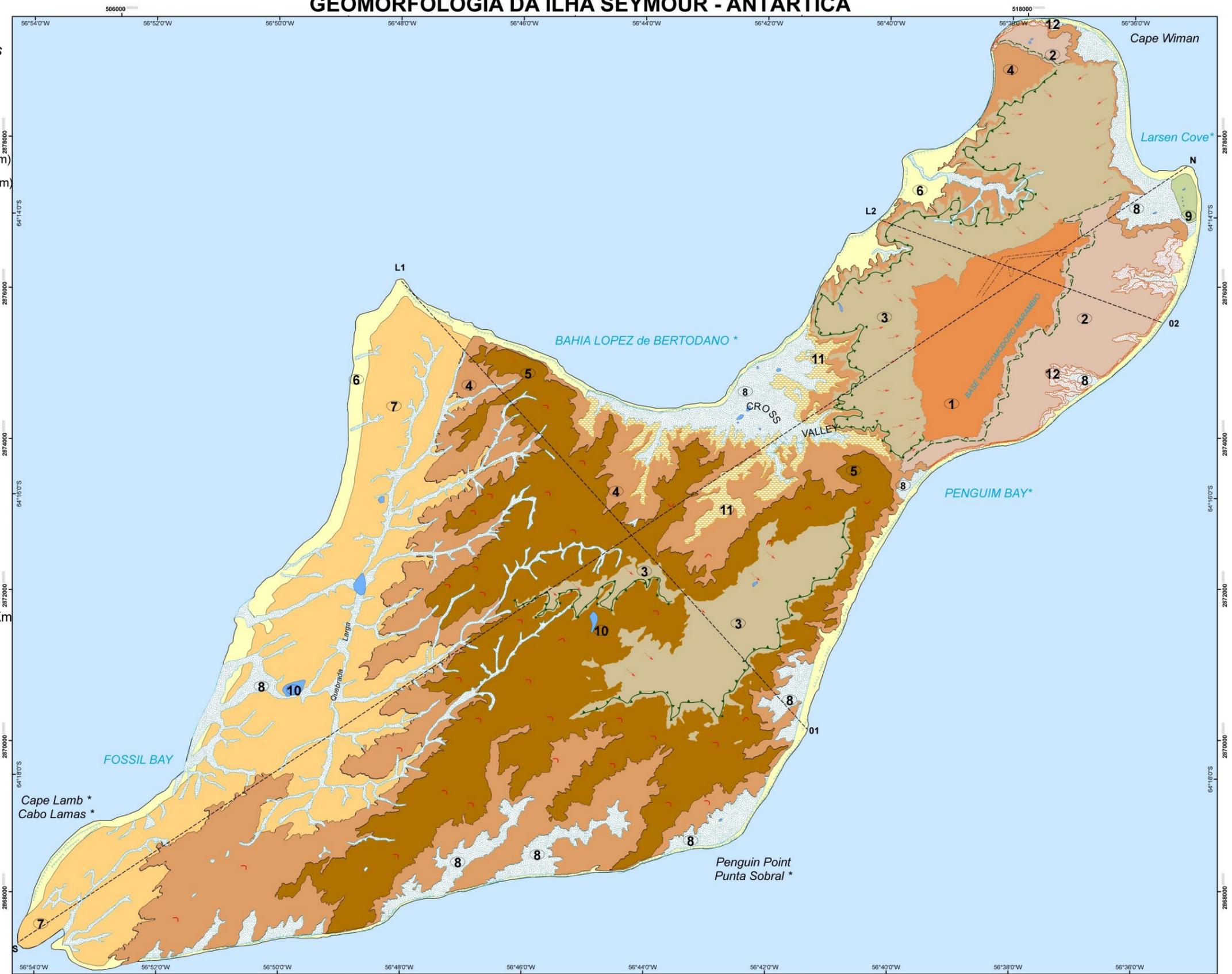
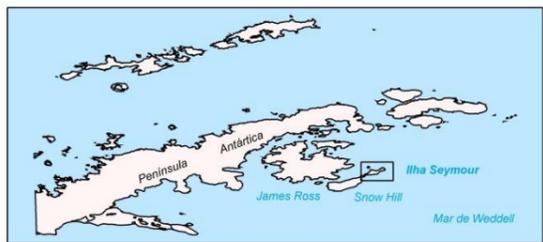
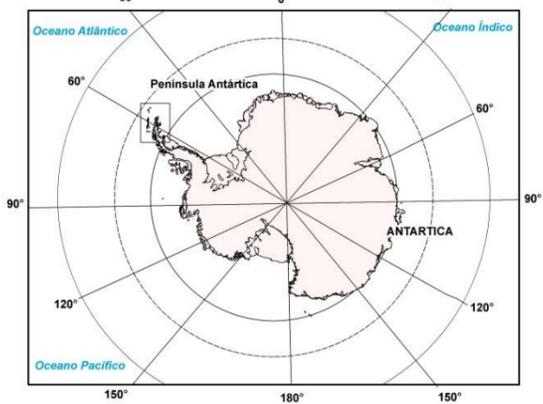


Figura 08: Geomorfologia da ilha Seymour

2.5.2.1 Superfície Estrutural De Cimeira

A superfície estrutural de cimeira (Figura 08) localiza-se no ponto culminante da ilha, a 220 m de altitude. Situada sob encostas de aproximadamente 200 m, as mais altas observadas em Seymour. Ela corresponde a uma extensa superfície plana e residual, representando 4,79 % do total de feições mapeadas na ilha (Tabela 03). De acordo com Gazdzicki et al. (2004) a origem desta feição está intimamente ligada às ações glaciais ocorridas no passado, com o nivelamento generalizado da paisagem e deposição de material glacial. Uma vez expostos às condições de intemperismo e morfogênese periglaciais subaéreas, diversos setores foram retrabalhados, sendo expostas as litologias subjacentes e originando dois tipos de encostas estruturais. Essas duas encostas, de distintas litologias, mais resistentes (*Telm7s*) combinam com as menos resistentes (*Telm7*) formadas por cascalho e areia, fazendo com que setores mais resistentes sustentem superfícies menos resistentes situadas encosta acima. Os estratos resistentes impedem que a dissecação bem desenvolvida das encostas atinjam os patamares estruturais, contribuindo para a dissecação incipiente observada na superfície estrutural de cimeira (Figura 09).



Figura 09: Superfície estrutural de cimeira.

2.5.2 .2 Encostas Íngremes associadas aos depósitos de tálus

As Encostas íngremes (Figura 08) localiza-se no entorno da superfície estrutural de cimeira, nas faces mar Weddell e Cape Wiman, fazendo contato entre o topo e as partes mais rebaixadas da paisagem. Tal feição representa 5,4 % das unidades geomorfológicas mapeadas, e apresentam grande variabilidade altitudinal e declivosa abrangendo cotas de até 200 m e declividades que oscilam de 45% até pouco mais de 75% (Tabelas 1 e 2). Este ambiente é constituído por encostas muito íngremes que foram intensamente dissecadas pelo contato com o mar, apresentado consequentemente um forte caráter erosivo (Figura 10).



Figura 10: Encosta íngreme

A partir do sopé das encostas desenvolve-se um típico depósito de tálus (Figura 08) apresentando-se por blocos rochosos de dimensões variadas; de formato tabular a sub-redondado. Eles são especialmente frequentes ao longo de toda margem das encostas íngremes que culminam na superfície estrutural de cimeira. Representando superfícies ativas de transportes a curta distância, em que os fragmentos, por ação gravitacional, são transportados encostas abaixo, constituindo 1,5 % das unidades geomorfológicas registadas na ilha (Tabela 03).

2.5.2 .3 Encostas Suaves

Localizadas ao sul e também no entorno do grande topo residual da meseta - superfície estrutural de cimeira- se contrapondo as encostas íngremes, foram mapeadas as encostas suaves. Apesar da grande diferença altitudinal apresentada em ambas às feições, à diferenciação das encostas íngremes e suaves se deu, sobretudo, pela declividade, sendo este um componente decisivo para a análise e diferenciação das encostas (Lee et al., 2002; Vieira e Furtado, 2004). Fato este corrobora com os resultados obtidos (Figura 08) e demonstra que diferentemente das encostas íngremes, a declividade das encostas suaves não ultrapassaram 45 %.



Figura 11: Encosta Suave.

A parte norte expõe essa paisagem mais dinâmica, onde existem extensas áreas sujeitas a processos de solifluxão (Figura 08). Assim como descrito por Michel (2005) em estudos na Antártica Marítima, em Seymour, os processos de solifluxão na parte norte, tomam destaque quando se tem a combinação da topografia, a ações do clima. Para Ostroumov (2004) os locais onde esses processos de solifluxão ocorrem estão notadamente relacionados à profundidade dos ciclos de congelamento-descongelamento, o que também pode estar associado com o degelo dos nichos de nivação. Já a parte sul expõe uma paisagem mais estável, onde existem extensas áreas

sujeitas ações desses processos, que aparecem sofrendo forte erosão hídrica, o que corrobora com os estudos de Matsuoka (2001), ao afirmar que a drenagem e a topografia controlam os processos de solifluxão.

Para efeito de mapeamento, este processo foi associado às encostas suaves, ocupando um total 13,9 % das unidades geomorfológicas mapeadas em Seymour (Figura 11 e Tabela 03). Tomando como base os estudos de Bremer (2008), a solifluxão consiste de um processo de transporte de material, que é dificilmente quantificável na superfície e, por seu tamanho reduzido, esses processos são cartografados apenas quando geram agrupamentos de tamanhos suficientemente grandes.

2.5.2 .4 Superfícies estruturais pouco e muito dissecadas

As superfícies estruturais pouco e muito dissecadas são as unidades geomorfológicas mais abundantes presentes na ilha. Destas, o primeiro tipo de superfície, visivelmente ocupa a maior parte da área, correspondendo a 23,2 % enquanto que a segunda ocupa área 21,8 % (Tabela 03). Estas unidades se diferenciam basicamente pela altitude, declividade e dissecação.

As superfícies pouco dissecadas são áreas pouco declivosas com altitudes que variam desde a cota de 25 até 60 m (Figura 12), enquanto que as superfícies estruturais muito dissecadas são localizados na parte sul da ilha com cotas que variam de 68 até 105 m (Figura 13).



Figura 12: Superfícies estruturais pouco dissecadas.

Pode-se observar mediante as fotografias registradas em campo, que quanto maior a altitude, mais dissecada, mais ondulada é a paisagem, e isso se justifica pelo fato que as superfícies mais antigas foram expostas há mais tempo. E que quanto mais próximo das praias, mais recente, e, portanto menos dissecada é a paisagem - caracterizando as superfícies estruturais pouco dissecadas - portanto, o nível de dissecação tanto das superfícies de

soerguimento pouco dissecadas quando das superfícies de soerguimento muito dissecadas notadamente, demarca o tempo relativo de exposição dessas áreas.

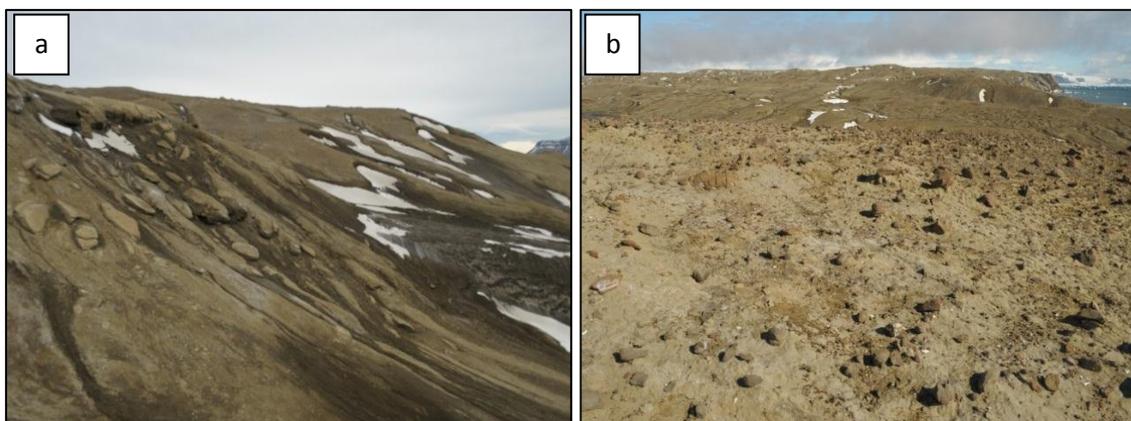


Figura 13: Superfície estrutural muito dissecada, (a) nichos de nivação; (b) superfície pedregosa.

Nas partes mais dissecadas, nas áreas dos rebaldos, foram observadas extensas áreas com nichos de nivação (Figura 13a). Além disso, como existe uma antiguidade na sucessão dessas superfícies, foi possível observar mediante as fotografias que as mais antigas, ou seja, as mais altas, tinham mais pedregosidade (Figura 13b), justificando-se pelo fato de que por estarem expostas há mais tempo, sofreram mais processos de ablação eólica.

Essas superfícies pouco dissecadas são sustentadas por estratos resistentes, e nos sectores onde a dissecação superou os estratos mais resistentes e expôs o mais friável, é comum a presença de vales, sendo estes, formados, sobretudo pelas condições estruturais do relevo, e a rara ocorrência de afloramentos nestas áreas.

2.5.2 .5 Planície De Maré

Esta unidade geomorfológica que se desenvolve na porção norte da ilha (formação La Meseta) é composta por dois níveis altimétricos (Figura 08). A planície de maré inferior (Figura 14a) representa área efetivamente inundável, sujeita ao aporte atual de material marinho. Enquanto a planície de maré superior (Figura 14b) que é composta por elevações isoladas, remodeladas pelo vento. Esta unidade geomorfológica se localiza em cotas que variam desde o nível do mar até aproximadamente 10 m, e apresenta declividade abaixo de 3%. Possui uma representatividade muito pequena, quando comparada com as demais feições mapeadas, cerca de menos de 0,55 % (Tabela 03). Klein (1985) determinou em seu estudo que a morfologia de uma planície de maré é controlada primeiramente pela variação da maré, seguido pelo clima de ondas, fato este, que também foi observado em Seymour.

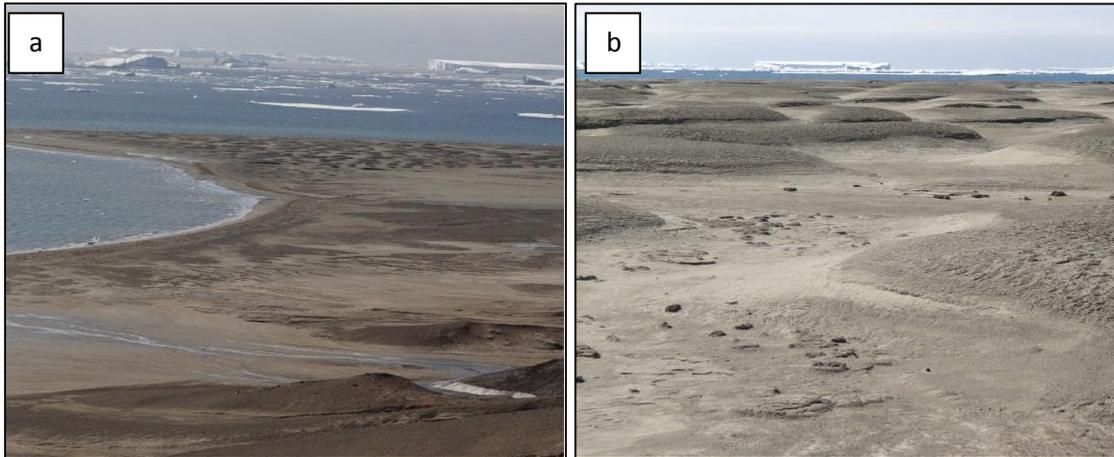


Figura 14: Planície de Maré, (a) Planície de Maré inferior; (b) Planície de Maré superior.

Fonte: Gjorup (2013)

2.5.2 .6 Planície Flúvioglacial

As planícies flúvioglaciais são caracterizadas por baixa declividade, se localizando nas partes rebaixadas da paisagem, coincidindo com a área de deposição de cursos d'água, sua localização coincide quase sempre com cotas abaixo de 40 m. Em função da baixa declividade, a ocorrência mais comum dessas unidades se dá inserida entre as superfícies de soerguimento pouco dissecadas ao sul da ilha (Formação Lopez Bertodano). No entanto, ocorrem planícies inseridas em outros domínios, como em partes deprimidas das encostas íngremes ao norte da (formação La Meseta), fato este observado também por Gjorup, (2013). Esta unidade geomorfológica possui um caráter fortemente deposicional, e está sujeita ao aporte sazonal de sedimentos provenientes das encostas situadas a montante, caracterizando-se por canais anastomosados que transportam e retrabalham sedimentos (Figura 08). Tais áreas representam 5,2 % das unidades encontradas na ilha (Figura 15 e Tabela 03)

Assim como relatado em Byers por Faria (2010), em Seymour os sistemas fluviais são notadamente bem desenvolvidos. Os rios que se localizam sobre as planícies são constituídos por canais anastomosados que mudam constantemente de curso, apresentando uma grande relação ente largura e profundidade.



Figura 15: Planície Fluvioglacial.

Para Gjorup (2013), o regime hídrico nestes rios é marcadamente sazonal, correndo apenas durante o verão. A principal fonte de alimentação destes rios é o degelo da camada ativa e o derretimento da neve.

2.5.2 .8 Praias, Terraços Marinhos e Falésias

As praias de Seymour ocupam 12,1 % de sua área total (Figura 08 e Tabela 03), localizada na linha de costa ao longo de toda a ilha, em nível do mar. Este ambiente faz o contato entre o mar e a ilha, e representa o estágio atual de erosão marinha onde os sedimentos são constantemente remobilizados. Nas praias, há a presença de terraços marinhos, sendo estes compostos principalmente por sedimentos marinhos atuais na porção sul da ilha (formação Lopez Bertodano); sedimentos mais antigos na porção norte (La Meseta); e central das áreas de vales da (formação Cross Valley).

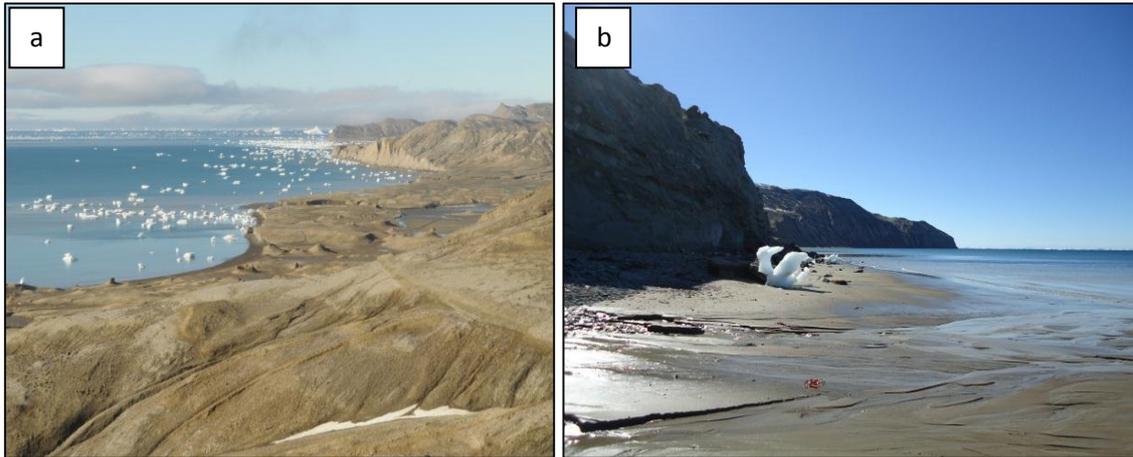


Figura 16: Falésias face Ilha James Ross (a); Falésias face mar de Weddell (b).

Acima das praias se observa ao longo de toda a costa linhas de falésias (Figura 16), foi constatado que essa unidade geomorfológica na face mar de Weddell são mais abruptas, mais altas, isso esta intimamente relacionada ao fato que as taxas de soerguimento da borda Weddell ter sido maior, combinado ao fato da agressão da erosão também ser maior. De uma forma ampla, Christofolletti (1980) conceitua as Falésias como “um ressalto, com declividades muito acentuadas e de alturas variadas, localizado na linha de contato entre os terraços e o mar”.

De acordo com os estudos foi possível perceber que a superfície estrutural foi quebrada, onde o relevo dessas falésias coincide com a morfologia do terreno para trás. Partindo desse pressuposto, acredita-se que no passado deva ter tido uma linha de dique, fraqueza ou mesmo uma zona de cisalhamento de falhas que facilitou tal processo. Desta forma, quando houve o soerguimento que expôs Seymour, a mesma já soergueu desta forma.

2.5.2.9 Planície flúviomarinha

Entre a praia e os diferentes níveis de terraços marinhos na parte sul da ilha sobre a formação Lopez Bertodano, foi mapeado as planícies flúviomarinha (Figura 08). Localizadas em áreas com cotas menores que 22 m, são áreas de grande influência das oscilações das marés e dos processos continentais, com terrenos mal drenados e prolongadamente inundáveis correspondendo á 9,4 % das unidades mapeadas (Tabela 03).



Figura 17: Planície fluviomarinha

Assim como já descrito nos trabalhos de Suguio e Martin (1978), Iac (1999), Maciel (2001) e Amorim (2007) que caracterizam planícies fluviomarinhas em diferentes ambientes sob distintas condições climáticas, em Seymour essa unidade também se localiza em áreas planas e suavemente onduladas, onde a influência das marés ao longo dos canais fluviais favorece a manutenção de áreas permanentemente alagadas, apresentando desta forma, baixa energia e pequena velocidade de escoamento (Figura 17).

Em Seymour, a relação entre os processos geomorfológicos se mostrou determinada pelas condições climáticas regionais, a ação dos ventos, a influência das oscilações das marés, aos agentes fluviais, a processos de integração e desintegração mecânica das rochas causadas pelo congelamento e descongelamento associados a diferentes variações de temperaturas, e, sobretudo ao forte controle geotectônico e geológico sobre a distribuição dos ambientes.

A caracterização do sistema de drenagem (ANEXO D) possibilitou inferir sobre a hierarquização dos canais segundo a influência de condicionantes sedimentológicos e geotectônico. A sobreposição de maneira manual de diferentes mapas temáticos como o mapa de litologia (ANEXO C), dados morfométricos (ANEXO A e B) e perfis topográficos transversais e longitudinais a imagem GeoEye possibilitaram a interpretação das unidades geomorfológicas da ilha.

2.6 Conclusão

- A área da pesquisa mostrou grande variabilidade de ambientes representativos de áreas periglaciais situados em uma zona de transição climática entre a Antártica Marítima e a Antártica Continental.
- Este trabalho mostrou que no ambiente periglacial da ilha Seymour, seis principais fatores atuam - quase sempre de forma interativa - para a geração dos processos geomorfológicos responsáveis pela formação das paisagens. São eles: (i) processos criogênicos periglaciais; (ii) processos fluviais; (iii) processos lacustres; (iv) processos eólicos; (v) processos marinhos; quase sempre submetidos a um (vi) controle estrutural ou geotectônico.
- Apesar da natureza exploratória, a pesquisa permitiu avanços em relação aos estudos que já veem sendo feitos no tocante ao entendimento da paisagem de uma importante área livre de gelo, inserida nesta zona de transição climática entre a Antártica Marítima e Peninsular.

2.7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDIRAN, A.O.; PARCHARIDIS, I.; POSCOLIERI, M.; PAVLOPOULOS, K. Computer-assisted discrimination of morphological units on north-central Crete (Greece) by applying multivariate statistics to local relief gradients. *Geomorphology*, 58, 357–370, 2004.

AMORIM, R. R. Análise Geoambiental com ênfase aos setores de encosta da área urbana do município de São Vicente-SP. 2007. 194p. (Mestrado em Geografia), Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2007.

AMORIM, R. R.; OLIVEIRA, R. C. Análise Geoambiental dos setores de encosta da área urbana de São Vicente-SP. *Sociedade e Natureza*. Ano 19, n. 37. 123-138. 2007.

AQUINO F.E.; SIMÕES, J.C.; SETZER, A.W.; FERRON, F.A. Climatology and atmospheric temperature warming trend for King George Island, Antarctica. In: *Interdisciplinary Workshop Antarctic Peninsula Climate Variability: History, Causes and Impacts*. 2004.

ARAYA, R.; HERVÉ, F. Periglacial phenomena in the South Shetland Islands. In: ADIE, R.J. (Ed.) *Antarctic geology and geophysics*. N.1. Universitets forlaget. 105-109 p, 1972a.

ARAYA, R.; HERVÉ, F. Attempt at reconstructing the ancient coastal geomorphology and littoral environment in the South Shetland Islands. In: ADIE, R.J. (Ed.) *Antarctic geology and geophysics*. N.1. Universitetsforlaget. 115 p, 1972b

ARIGONY-NETO, J. Determinação e interpretação de características glaciológicas e geográficas com sistema de informações geográficas na Área Antártica Especialmente Gerenciada baía do Almirantado, ilha Rei George, Antártica. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Dissertação de mestrado, 2001.

BARONI, C.; OROMBELLI, G. Abandoned Penguin Rookeries As Holocene Paleoclimatic Indicator In Antarctica. *Geology*, V.228, 1994.

BARONI, C.; BRUSCHI, G.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Review of Antarctic Geomorphological Mapping. *Geografia Física e Dinâmica Quaternária* 20, 15-31, 1997.

BARSCHE, D.; BLÜMEL, W.D.; FLÜGEL, W.A.; MAUSBACHER, R.; STÄBLEIN, G.; ZICK, W. Untersuchungen zum Periglazial auf der König-Georg-Insel. Südshetlandinseln/ Antarktika. Deutsche physiogeographische Forschungen in der Antarktis. Berichtüber die Kampagne 1983/84. Reports on Polar Research, n° 24. Alfred Wegener Institute, Bremerhaven Germany, 1985.

BOCKHEIM, J.G.; TARNOCAL, C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils. *Geoderma* 81, 281–293 p, 1998.

BOIASKI, N.T.; CARVALHO, L.M.V.; TATSCH, J.D.; LIMA, F.U. Variabilidade da temperatura do ar na Península Antártica. In: XIV Congresso Brasileiro de Meteorologia, Florianópolis, 2006.

BOLCH, T.; KAMP, U. Glacier mapping in high mountains using DEMs, Landsat and ASTER data, *Grazer Schriften für Geographie und Raumforschung*, vol. 41, 37–48 p, 2006.

- BREMER, U.F. Morfologia e Bacias de Drenagem da Cobertura de Gelo da ilha Rei George, Antártica. Dissertação (Sensoriamento Remoto) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1998.
- BREMER, U.F.; ARIGONY NETO, J.; SIMÕES, J.C. Teledetecção de mudanças nas bacias de drenagem da ilha Rei George, Ilhas Shetlands do Sul, Antártica, entre 1956 e 2000. Pesquisa Antártica Brasileira. 2004.
- BREMER, U.F. Solos e geomorfologia da borda leste da península Warszawa, Ilha Rei George, Antártica Marítima. 136 folhas. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2008.
- CHISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. 2 ed. São Paulo: Blucher. 188 p, 1980.
- CLARK, M.J. Advances in Periglacial Geomorphology. Wiley, Chichester. 481 p, 1988.
- CLARK, C.D. Reconstructing the evolutionary dynamics of former ice sheets using multitemporal evidence, remote sensing and GIS. Quaternary Science Reviews, Oxford, 16, 1067-1092 p, 1997.
- GAZDZICKI, A.; TATUR, A.; HARA, U.; DEL VALLE, R.A. The Weddell Sea Formation: post-Late Pliocene terrestrial glacial deposits on Seymour Island, Antarctic Peninsula. Polish Polar Research. v. 25, n. 3-4, p.189-204, 2004.
- CHRISTOFOLETTI, A. Geomorfologia. São Paulo: Edgard Blücher / EDUSP, 150 p, 1980.
- CORTE, A. Geocriogenic morphology at Seymour Island (Marambio), Antarctica. Proceedings of the Fourth International Conference on Permafrost, Washington, D.C., Nat. Acad. Press, 192-197 p, 1983.
- GUTIÉRRES, M.; NOZAL, F.; MONTES M.J. Talus flatirons em la Isla Seymour (Mar de Weddel, Antártida). Consideraciones sobre su génesis. In: Revista Cuaternario y Geomorfología. n. 25, v. 1-2, p. 9-19. 2011.
- ELLIOT, D.H.; RINALDI, C.; ZINSMEISTER, W.J.; TRAUTMAN, T.A.; BRYAN, W.A.; AND VALLE, R. Geological investigations Seymour Island, Antarctic Peninsula. Antarctic Journal of the United States, 10, 182-186 p, 1975.
- ELLIOT, D.H.; TRAUTMAN, T.A. Lower Tertiary strata on Seymour Island, Antarctic Peninsula. In: CRADDOCK, C. (Eds.) Antarctic Geoscience- SYMPOSIUM ON ANTARCTIC GEOLOGY AND GEOPHYSICS. August, 1977, Wisconsin, USA. University of Wisconsin Press, Madison. International Union of Geological Sciences, B. n°4. 287-297 p, 1982.
- ELLIOT, D.H. Tectonic setting and evolution of the James Ross Basin, northern Antarctic Peninsula. In: FELDMANN, R. M.; WOODBURN, M. O. (Ed). Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. USA: 103 The Geological Society of America. 566 p. (Memoir, Geological Society of America, 169), 1988.
- ERMOLIN, E.; DE ANGELIS, Y. Procesos exógenos en el permafrost de la Isla Marambio (Seymour), Península Antártica. Actas XVº Congreso Geológico Argentino, Buenos Aires. T.II: p. 463-469 p, 2002.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Rio de Janeiro, RJ. Súmula das 10. Reunião Técnica de Levantamento de Solos. Rio de Janeiro. 83p, 1979.

EMBRAPA MONITORAMENTO POR SATÉLITE. Satélites de Monitoramento. Campinas: Embrapa Monitoramento por Satélite, 2013.

ETZELMÜLLER, B.; SULEBAK, J. S. Developments in the use of digital elevation models in periglacial geomorphology and glaciology. *Physische Geographie*, Zurique, v. 41, p. 35-58, 2000. FOREIGN & COMMONWEALTH OFFICE. List of Protected Areas in Antarctica. London: Foreign & Commonwealth Office, 1997.

ETZELMÜLLER, B. Quantification of thermoerosion in proglacial areas – examples from Svalbard. *Zeitschrift für Geomorphologie N. F.*, 44. 343-361 p, 2000.

FARIA, A.L.L. Solos, geomorfologia e ambientes na parte meridional da Península de Byers, ilha Livingston, Antártica Marítima. Viçosa, 2010. 108 p. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2010.

FLORENZANO, T.G. Geomorfologia: conceitos e tecnologias atuais. São Paulo: Oficina de Textos, 2009. 320p.

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

FRANCELINO, M. R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.; FERNANDES, F.E.L.; SOUZA, J.J.L.; COSTA, L.M. Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in the ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Catena* 85; 194-204 p, 2011.

FRENCH, H.M. *The Periglacial Environment*, Second edition, Longman: Singapore, 341 p, 1996.

FRENCH, H.M. *The Periglacial Environment*. 3rd Ed. West Sussex: John Wiley and Sons, p.458, 2007.

FUKUDA, M.J.; STRELIN, K.; SHIMOCAWA, N.; TAKAHASHI, T. Permafrost Occurrence of Seymour Island and James Ross Island, Antarctic Peninsula. *Recent Progress in Antarctic Earth Science*, Edit: Yoshida et.al., p 745-750. Tokyo, Japan, 1992.

GJORUP, D.F. Solos e Geoambientes da porção norte da ilha Seymour (Marambio), Antártica / Viçosa. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2013.

GLASSER, N.F.; JANSSON, K.N.; HARRISON, S.; RIVERA, A. Geomorphological evidence for variations of the North Patagonian Icefield during the Holocene. *Geomorphology*, 71, p. 263-277, 2005.

GLASSER, N.F.; JANSSON, K.N. Fast-flowing outlet glacier of the Last Glacial Maximum Patagonian Icefield. *Quaternary Research*, 63, p. 206-211, 2005.

GUERRA, A.T. *Dicionário Geológico-Geomorfológico*. 4ª Ed. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia 1972.

GUSTAVSSON, M.; KOLSTRUP, E.; SEIJMONSBERGEN, A.C. A new symbol-and-GIS based detailed geomorphological mapping system: renewal of a scientific discipline for understanding landscape development. *Geomorphology*, 77, p. 90-111, 2006.

- GUTIÉRRES, M.; NOZAL, F.; MONTES M.J. Talus flatirons em la Isla Seymour (Mar de Weddel, Antártida). Consideraciones sobre su génesis. In: Revista Cuaternario y Geomorfología. n.25, v. 1-2, p. 9-19. 2011.
- HALL, K. Review of present and quaternary periglacial processes and landforms of the maritime and sub-Antarctic region. South African Journal of Science. 98. p.71-81, 2002.
- HJORT, J. Environmental factors affecting the occurrence of periglacial landforms in Finnish Lapland: a numerical approach. Aachen: Shaker Verlag, 162p, 2006.
- HUBBARD, B.; GLASSER, N. Field Techniques in Glaciology and Glacial. Geomorphology. Wiley, Chichester UK. 400 p, 2005.
- IAC, Instituto Agronômico de Campinas. Mapas Pedológicos do Estado de São Paulo: legenda expandida. Embrapa. Campinas, 1999.
- LEE, S.; CHOI, J.; MIN, K. Landslide susceptibility analysis and verification using the Bayesian probability model. Environmental Geology, n. 43, p. 20-131, 2002.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; RAMOS, M.; CRIADO, C.; SERRANO, E.; NICOLÁS, P. Anomalías geotérmicas y permafrost en la Isla Decepción, Antártida. Actas V Simpósio Nacional de Estudos Antárticos. Madrid: Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología, 223-234 p, 1996.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SERRANO, E.; REY, J.; SMELLIE, J.L. Geomorphological Map of Deception Island. BAS Geomap Series, Sheets 6-B, E. 1/25,000, 2002, British Antarctic Survey, Cambridge, 2000.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J.; SERRANO, E. Geomorphology of Deception Island. In: López-Martínez, J., Smellie, J.L., Thomson, J.W. & Thomson, M.R.A. (eds.) – Geology and geomorphology of Deception Island. BAS Geomap Series, Cambridge: British Antarctic Survey, p.31-39, 2002.
- MACELLARI, C.E. Stratigraphy, sedimentology, and paleoecology of Upper Cretaceous —Paleogene shelf-deltaic sediments of Seymour Island. In: FELDMAN, R.M; WOODBURNE M.O. (Ed). Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. Geological Society of America Memoir, v. 169, p. 25-53, 1988.
- MACIEL, G.C. Zoneamento Geoambiental do município de São Vicente (SP), utilizando o Sistema de Informação Geográfica – SIG. 2001. 150p. (Mestrado em Engenharia Ambiental) Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001.
- MALAGNINO, E.C.; OLIVERO, E.B.; RINALDI, C.A.; SPIKERMANN, J.P. Aspectos geomorfológicos de la isla vicecomodoro Marambio, Antártida. VIII Congr. Geol. Arg. (San Luís), Actas 2: 883-896, 1981.
- MARENSSI, S. Sedimentología y Paleoambientes sedimentarios de la Formación La Meseta, Isla Marambio, Antártida. Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, 1995.
- MARTÍN-SERRANO, A.; MONTES, M.; NOZAL, F.; Del VALLE, R.A. Geomorfología de la Costa Austral de Bahía Esperanza, Península Antártica. Geogaceta, v.38, p.95-98, 2005.
- MATSUOKA, N. Solifluction rates, processes and landforms: a global review. Earth-Science Reviews, v. 55, p. 107–134, 2001.

- MELO, D.R. Divulgação e publicação de mapas digitais interativos com ALOV Map. 71 f. Monografia (Sistemas de Informação) - Universidade do Planalto Catarinense, 2006.
- MENDES JUNIOR, C.W.; DANI, N.; ARIGONY NETO, J.; SIMÕES, J.C.; VELHO, L.F.; RIBEIRO, R.R.; PARNOW, I.; BREMER, U.F.; FONSECA JUNIOR, E.S.; ERWES, H.J.B. Elaboração de um mapa topográfico na escala 1:5.000 para a península Keller, Ilha Rei George, Antártica. *Revista Brasileira de Cartografia*. n. 63/03, p. 453-466, 2010.
- MICHEL, R.F.M.; SCHAEFER, CARLOS E.G.R.; LÓPEZ-MARTÍNEZ.; JERÓNIMO.; SIMAS, F.N.B.; HAUS, N.W.; SERRANO, E.; BOCKHEIM, J.G. Soils and landforms from Fildes Peninsula and Ardley Island, Maritime Antarctica. *Geomorphology (Amsterdam)*, v. 225, p. 76-86, 2014.
- MILIAREISIS, G.C. Geomorphometric mapping of Zagros Ranges at regional scale. *Computers and Geosciences*, New York, v. 27, p. 775-786, 2001.
- MONTES, M.; SANTILLANA, S.; NOZAL, F.; MARENSSI, S. Secuencias de relleno del valle incidido en la Fm. Cross Valley. Paleoceno Superior de la isla Marambio (mar de Weddell, Antártida). In VI SIMPOSIO ARGENTINO Y III LATINOAMERICANO SOBRE INVESTIGACIONES ANTÁRTICAS, Buenos Aires, 2007, Actas en CD Rom, Resumen Expandido n. GEORE 823, 5 pp., 2007.
- NOVO, E.M.L. Sensoriamento remoto: princípios e aplicações. São Paulo: Edgard Blücher, 308p, 1992.
- NOZAL, F.; MONTES, M.; SANTILLANA, S.; MARTÍN-SERRANO, A. Unidades del Relieve de la isla Marambio, Antártida. In: VI Argentine and III Latin-American Symposium on Antarctic Research. 10 a 14 de setembro de 2007. Dirección Nacional del Antártico/Instituto Antártico Argentino, 2007.
- OMOTO K. Radiocarbon ages of beachrock samples collected from Hateruma Island, Nansei Islands, southwest of Japan. *Annals of the Geography The Chiri Shiso* 35(2):69-71. In Japanese, 1994.
- OSTROUMOV, V. Impact of freezing on distribution of ions in soil. *Euro. Soil Sci.*, v.5, p.614-619. 1989.
- PIRRIE, D.; CRAME, J.A.; RIDING, J.B. Late Cretaceous stratigraphy and sedimentology of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. *Cretaceous Research*, 12: 227-258 p, 1991.
- QINGSONG, Z. A comparison of periglacial landforms between the Vestfold Hills, East Antarctica and the Fildes Peninsula of King George Island, West Antarctica. *International Symposium on Antarctic Research*. Chinese Committee on Antarctic Research. Chinese Ocean Press, Beijing, pp. 74-81, 1989.
- RAO, D.P. Tropical ecology remote sensing application in geomorphology. *Tropical Ecology*, Varanasi, India, v. 43, no. 1, p. 49-59, 2002.
- REYNOLDS, J.M. The distribution of mean annual temperatures in the Antarctic Peninsula. *British Antarctic Survey Bulletin*, v. 54, p.123 - 133, 1981.
- ROSA, K.K. Dinâmica glacial e características sedimentares resultantes na zona proglacial da geleira Ecology - Baía do Almirantado, ilha Rei George - Antártica. Trabalho de graduação, Departamento de Geografia, Instituto de Geociências - UFRGS, 81 p. 2006.
- ROSA, K.K.; VIEIRA, R.; FERRANDO, F.J.; SIMÕES, J.C. Feições sedimentológicas e geomorfológicas do ambiente de deglaciação das geleiras Wanda e Ecology, ilha Re George, Antártica. *Pesquisas em Geociências*, v. 36, 315-326 p, 2009.

ROSA, K.K.; VIEIRA, R.; SIMÕES, J.C. Identificação de Mudanças Ambientais Através da Caracterização Sedimentar e Investigação de Processos Glaciogênicos e Paraglaciais no Ambiente Glacial da Geleira Wanda, Ilha Rei George, Antártica. *Revista Brasileira de Geografia Física* 6, 1, 29-36, 2013.

SADLER, P.M. Geometry and stratification of uppermost Cretaceous and Paleogene units on Seymour Island, northern Antarctic Peninsula. Feldmann, R. M. and M. O. Woodburne (Eds.), *Geology and Paleontology of Seymour Island, Antarctic Peninsula. Geological Society of America Memoir*, 169:303-320, 1988.

SÁNCHEZ R.; SILVA BUSSO A. Determinación del comportamiento hidrogeológico subsuperficial en el área de Base Marambio, Antártida, 1999.

SELBY, M. J. *Hillslope Materials and Processes*, Oxford: Oxford University Press, 1993.

SERRANO, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Geomorfología de la Península Coppermine, Isla Robert, Islas Shetland del Sur. *Serie Científica INACH* 47, 19-29, 1996a.

SERRANO, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Geomorfología de la Península Coppermine, Isla Robert, Islas Shetland del Sur, Antártida. *Serie Científica INACH* 47, 19-29, 1997b.

SERRANO, E.; MARTÍNEZ DE PISÓN, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Periglacial and nival landforms and deposits. In: López-Martínez, J., Thomson, M.R.A., Thomson, J.W. (Eds.), *Geomorphological Map of Byers Peninsula, Livingston Island. BAS GEOMAP Series, Sheet 5-A, 1:25,000, with Supplementary Text. British Antarctic Survey, Cambridge*, pp. 28-34, 1996.

SERRANO, E.; LÓPEZ-MARTÍNEZ, J. Morfogénesis periglacial y deglaciación en las penínsulas Barton y Weaver (Islas Shetland del Sur, Antártida). *Boletín Real Sociedad Española Historia Natural (Sección Geológica)* 99 (1-4), p 131-140, 2004.

SILVA BUSSO, A.; SÁNCHEZ, R.; FRESINA, M. Caracterización del Comportamiento Hidrogeológico en la Isla Marambio, Antártida. *Primer Congreso Mundial Integrado de Aguas Subterráneas. Abstracts*, p 292. Fortaleza, Brasil, 2000.

SILVA BUSSO, A. Aspectos Hidrológicos Superficiales y Subterráneos del Área Norte de la Península Antártica, *Boletín Geológico Minero, IGME, AIH, UNESCO, Madrid España*, v. 114, n.4, 419-432 p, 2004.

SIMÕES, J.C.; BREMER, U.F.; AQUINO, F.A.; FERRON, F.A. Morphology and variations of glacial drainage basins in the King George Island ice field, Antarctica. *Annals of Glaciology*, 29: 220-224 p, 1999.

SIMÕES, J.C.; ARIGONY NETO, J.; BREMER, U.F. O uso de mapas antárticos em publicações. *Pesq. Antárt. Bras*, 191-198 p, 2004.

SIMONOV, I.M. Eolian weathering in the oases of East Antarctica. *Information Bulletin, Sovetskaja Antarkticseskaja Expedicisa*, 64, 347-351, 1968.

SIMONOV, I.M. Physical-geographic description of the Fildes Peninsula (South Shetland Islands). *Polar Geography*, 1: 223-242, 1977.

SCHAEFER, R.C.E.G.; COSTA, P.T.T.; KER, J.C.; CARREIRO, A.I.C.; SIMAS, F.N.; SOARES, O.F.; CORRÊA, G.R.; VIEIRA, G. Soils and Landforms at Hope Bay, Antarctic Peninsula: Formation,

Classification, Distribution, and Relationships. *Soil Science Society of America Journal*, v. 79, 175 p, 2015.

SMITH, R.C.; STAMMERJOHN, S.E.; BAKER, K.S. Surface air temperature variations in the western Antarctic Peninsula region. *Antarctic Research Series*, 70, 105-121 p, 1996.

SMITH, M.J.; CLARK, C.D. Methods for the visualisation of digital elevation models for landform mapping. *Earth Surface Processes and Landforms*, 30(7), p. 885-900, 2005.

SMITH, M. J.; ROSE, J.; BOOTH, S. Geomorphological mapping of glacial landforms from remotely sensed data: an evaluation of the principal data sources and an assessment of their quality. *Geomorphology*, 76, 148-165, 2006.

SOUZA, K.K.D. Gênese, mineralogia e classificação de solos desenvolvidos em semideserto polar - Ilha Seymour (Marambio), Península Antártica. Viçosa. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Programa de Pós Graduação em Solos e Nutrição de Plantas. Universidade Federal de Viçosa, 2011.

SOUZA, K.K.D.; SCHAEFER.; C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; SPINOLA, D.N.; PAULA, M.D. Soil formation in Seymour Island, Weddell Sea, Antarctica. *Geomorphology* 255, 87-99 p, 2014.

SUGUIO, K; MARTIN, L. Mapa geológico: Folha Santos. São Paulo: DAEE/USP/FAPESP. Escala 1:100.000, 1978.

TATUR, A.; BARCZUK, A.; DEL VALLE, R.; SLETTEN, R.; K ICIŃSKA, E. Surface mineralization on Seymour Island, Antarctica. *Polish Polar Research, Cidade*, v. 14, n. 2, 153 -168 p, 1993.

TRICART, JEAN. *Geomorphology of Cold Environment*, St-Martins Press, The McMillan Co. Of Canada, 320 p, 1970.

VALERIANO, M.M.; CARVALHO-JÚNIOR, O.A. Geoprocessamento de modelos digitais de elevação para mapeamento da curvatura horizontal em microbacias. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.4, n.1, p.17-29, 2003.

VIEIRA, R.; FURTADO, S. M. A.. Caracterização dos Aspectos Físico-Naturais Intrínsecos da Encosta e Identificação das Áreas Susceptíveis a Deslizamentos na Sub-Bacia do Ribeirão Araranguá – Blumenau/SC. In: *Simpósio Brasileiro de Desastres Naturais.1.*, 2004, Florianópolis. *Anais Florianópolis: GEDN/UFSC*, p.337-351 p, 2004.

VIEIRA, R.; ROSSATO, M.S.; AQUINO, F.E.; SIMÕES, J.C. Feições morfológicas associadas ao ambiente de deglaciação da geleira Ecology, ilha Rei George, Antártica. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, 6 (2), p. 51-60. 2005.

VIEIRA, R.; SIMÕES, J.C. Geomorfologia Glacial dos Montes Patriot e Independence, Montanhas Ellsworth, Manto de Gelo da Antártica Ocidental. *Revista Brasileira de Geomorfologia*, v.12, p.45 – 58, 2011.

WILSON, J. P.; GALLANT, J. C. *Terrain analysis, principles and applications*. Nova Jersey: John Wiley e SONS, 2000.

ZINSMEISTER, W.J.; CAMACHO, H.H. Late Eocene *Struthiolariidae* (Mollusca: Gastropoda) from Seymour Island, Antarctica and their significance to the biogeography of Early Tertiary shallow-water faunas of the Southern Hemisphere. - *Journal of Paleontology* 54 , 1- 14 p, 1980.

ZINSMEISTER W.J.; VRIES, T. Quaternary glacial marine deposits on Seymour Island. *Antarctic Journal of the United States*, 18: 64-65 p, 1983.

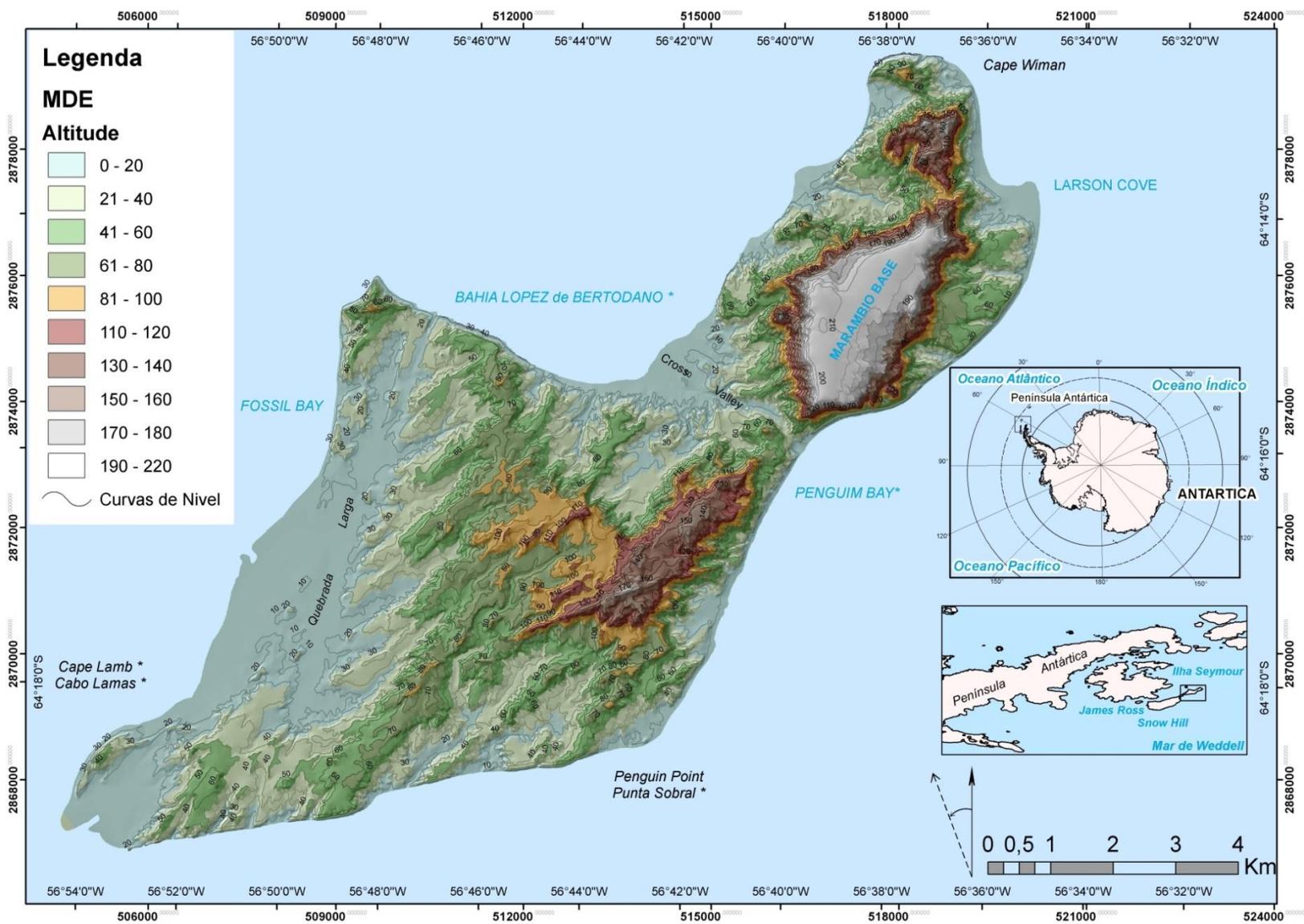
ZILBERSTEIN, S.; VIEIRA, R.; ROSA, K.K.; VELHO, L.F.; SIMÕES, J.C. Mapeamento de geomorfologia glacial com o uso de imagens Aster – "Ellsworth Mountains", manto de gelo da Antártica Ocidental. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 15. (SBSR). Curitiba. Anais... São José dos Campos: INPE, 2011. p. 3605-3610, 2011.

ZHU, C. Contrast of periglacio-geomorphic processes among Tian Shan Mountains, Western Antarctica and Andes Mountains. *29th international Geological Congress*, 29, 388 p, 1992.

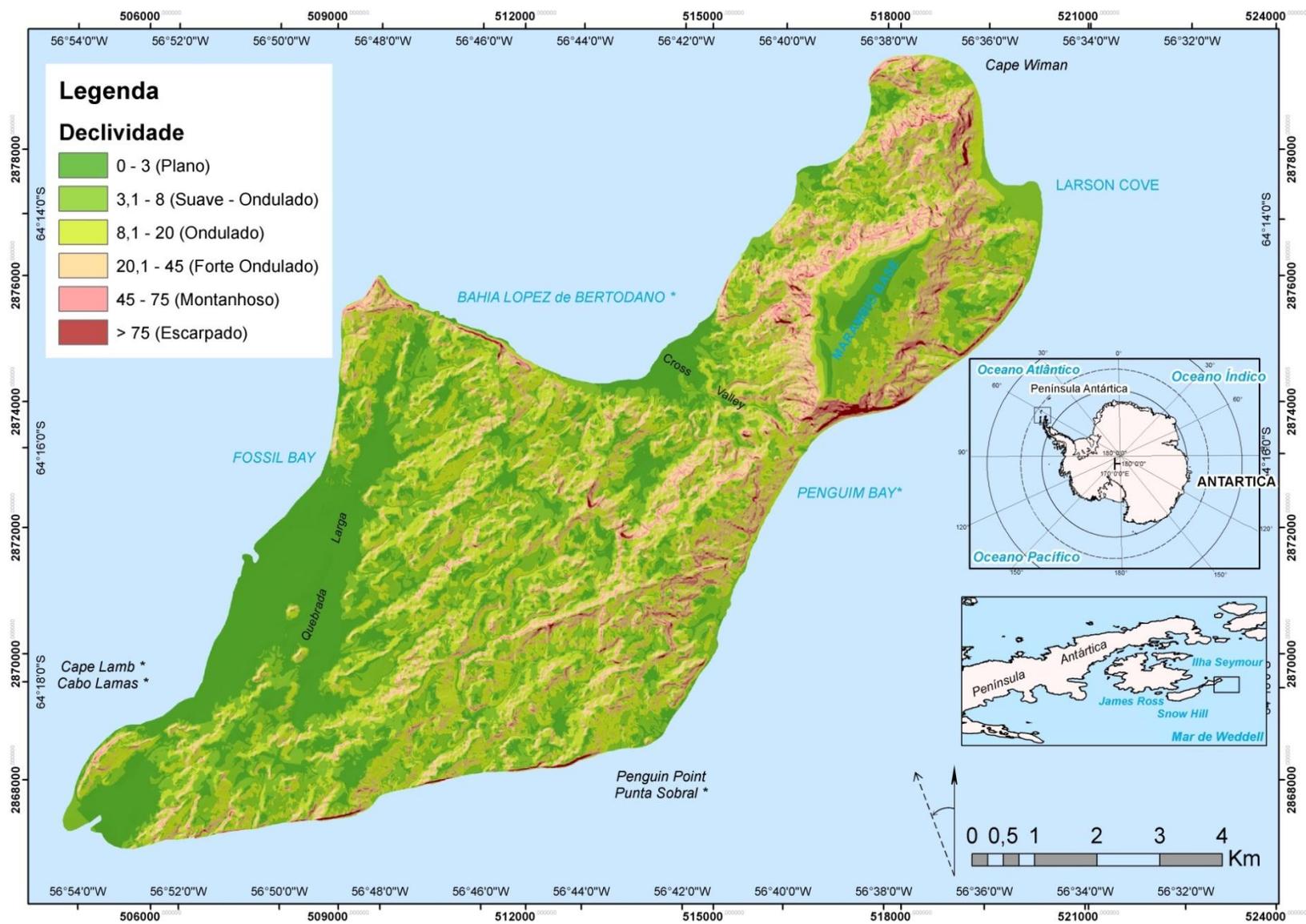
ZHU, C. A development model of the periglacial landforms on slope land; taking the phenomena landforms in the Tianshan Mountains, West Antarctica and the Andes as examples. *International Conference on Permafrost, Proceedings*, 6(1), 826-831 p, 1993.

ZHU, C.; CUI, Z.; ZHANG, J. Relationship between the distribution of periglacial landforms and glaciation history, Fildes Peninsula, King George Island, Antarctica. *Permafrost and Periglacial Processes* 7, 95-100, 1996.

ANEXO A



ANEXO B

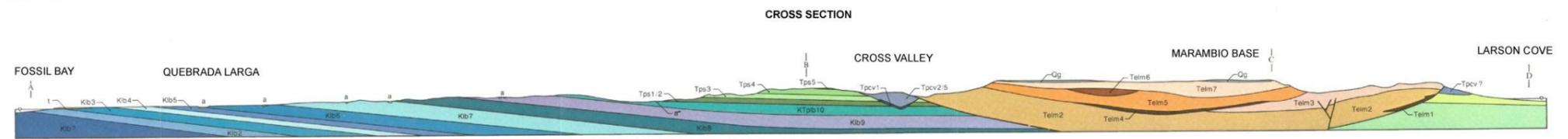
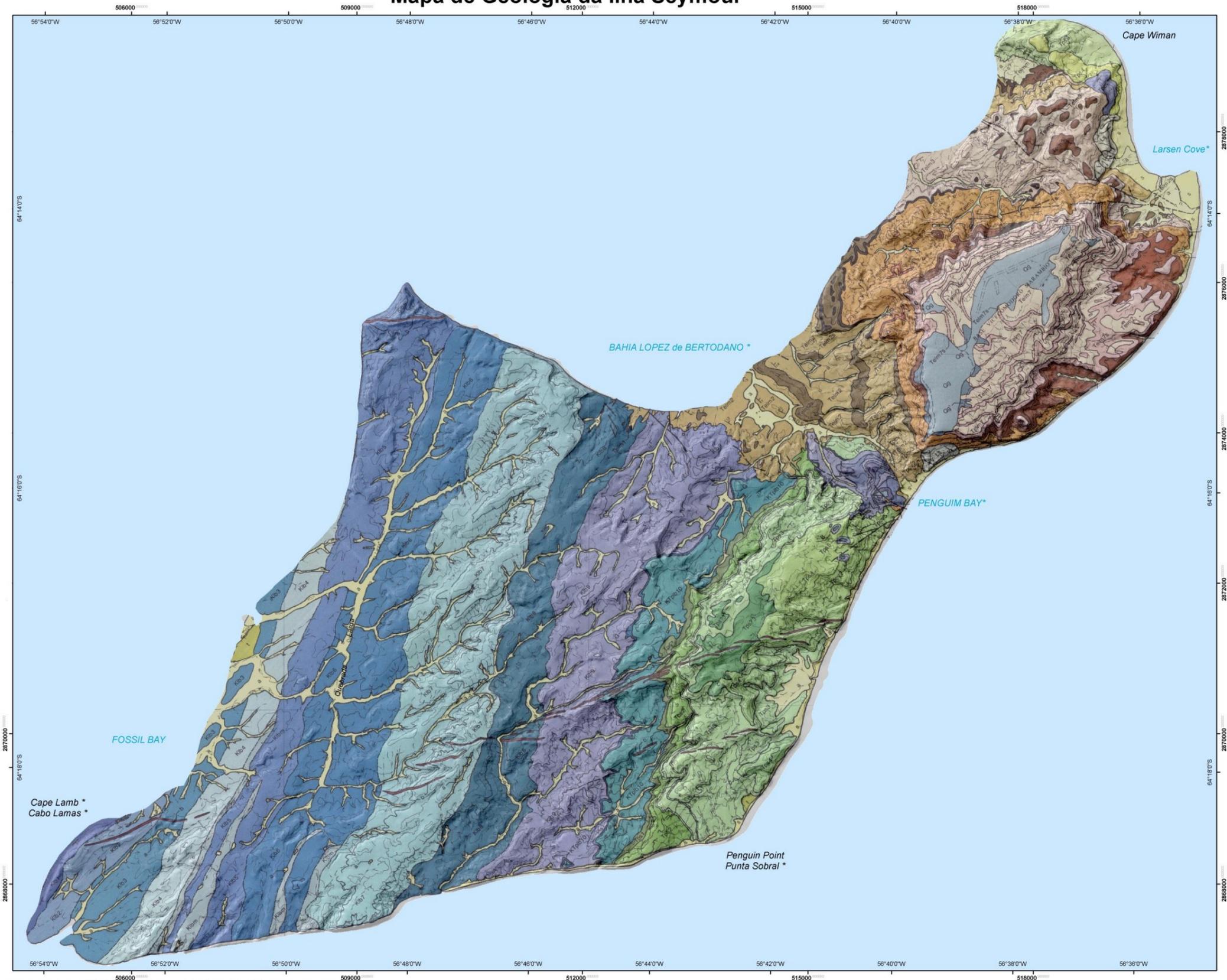
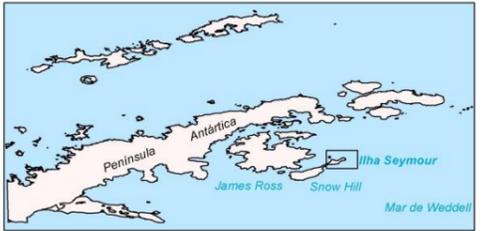
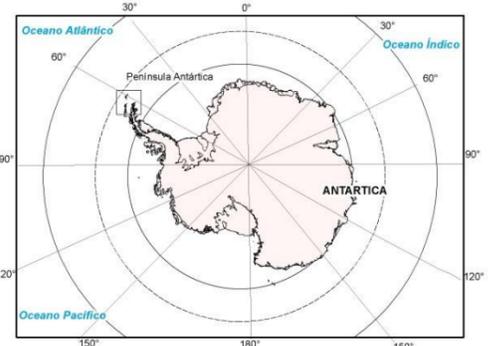


ANEXO C

Mapa de Geologia da Ilha Seymour



Autora: Mariane P. Batalha Roque
 Fonte: Adaptado pela autora a partir de Henry H. Brecher, 1983

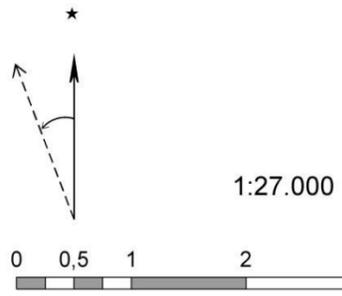


ANEXO D

Mapa de Topografia da Ilha Seymour

Legenda

-  Curvas de Nível
-  Hidrografia



Fonte: Mariane P. Batalha Roque
 Fonte: Adaptado pela autora a partir
 de Henry H. Brecher, 1983

