

ANDRÉ LUIZ LOPES DE FARIA

**SOLOS, GEOMORFOLOGIA E RELAÇÕES ECOLÓGICAS NA PARTE SUDOESTE DA  
PENÍNSULA DE BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2010

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade Federal de  
Viçosa - Câmpus Viçosa

T

F224s  
2010 Faria, André Luiz Lopes de, 1970-  
Solos, geomorfologia e relações ecológicas na parte sudoeste da  
península de Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima / André Luiz  
Lopes de Faria. - Viçosa, MG, 2010.  
x, 96f. ; 29 cm.

Inclui apêndice.

Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves R. Shaefer.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 74-76.

1. Geomorfologia - Byers, Península. 2. Solos - Byers,  
Península. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.  
Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22. ed. 631.409989

ANDRÉ LUIZ LOPES DE FARIA

**SOLOS, GEOMORFOLOGIA E RELAÇÕES ECOLÓGICAS NA PARTE SUDOESTE DA  
PENÍNSULA DE BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Doctor Scientiae*.

APROVADA: 15 de setembro de 2010.



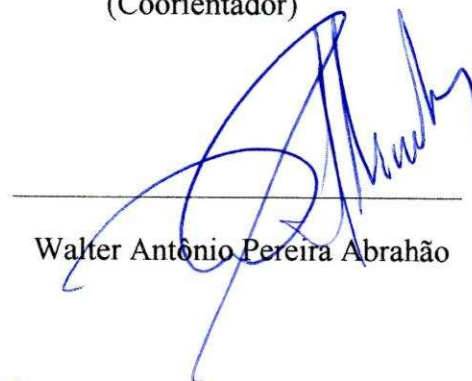
Manoel Ricardo de Albuquerque Filho



Elpídio Inácio Fernandes Filho  
(Coorientador)



Felipe Nogueira Bello Simas



Walter Antônio Pereira Abrahão



Liovando Marciano da Costa  
(Presidente da Banca)

**Aos meus pais, Ubirajara e Terezinha, e  
ao meu irmão dedico.**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade propiciada e pela estrutura colocada à disposição do desenvolvimento desta tese, em especial os diversos laboratórios de análises do Departamento de Solos (DPS).

Ao orientador, Prof. Carlos Ernesto G. R. Schaefer por sua amizade, paciência, dedicação, leituras críticas, sugestões. Parabéns pelo desenvolvimento de uma pesquisa séria, que colocou nosso País entre os melhores e maiores produtores de conhecimentos em Criossolos. Seu apoio, ajuda, conversas foram fundamentais....

Ao Prof. Elpídio Inácio Fernandes Filho, pela amizade, apoio e contribuições a esta pesquisa.

Aos professores Felipe Simas, Manoel Ricardo e Márcio Francelino, por suas sugestões e contribuições enquanto examinadores de qualificação e tese, respectivamente.

Ao Professor Liovando M. Costa, Presidente de minha banca de defesa pelas sugestões, críticas e amizade.

Aos companheiros na campanha antártica de 2006, 2007 e 2008, por seu auxílio durante o trabalho nos perfis, pela amizade e bom convívio em campo.

Ao Rogério Mercandelle Santana por seu auxílio nos trabalhos de aerofotogrametria e geoprocessamento, além das boas conversas.

Aos bolsistas de iniciação científica Carolina Delpupo, Maola Faria e Kelly Barros pelo auxílio nas análises químicas.

À secretária Luciana de Castro, do PPG Solos, por sua atenção ao longo do curso.

À amiga e secretária do projeto Criossolos, Cláudia Gonçalves, por sua assistência, apoio e dedicação ao longo desse processo.

Aos amigos que contribuíram direta e indiretamente para que esta tese fosse viabilizada.

## BIOGRAFIA

André Luiz Lopes de Faria, filho de Terezinha das Graças Lopes Faria e Ubirajara Pereira de Faria, nasceu em Manhuaçu, no estado de Minas Gerais. Graduou-se em Geografia pela Universidade Federal de Juiz de Fora - UFJF, Minas Gerais, em 1994. Graduado em Estudos Sociais pelo Centro de Ensino Superior de Juiz de Fora, 1992. Mestre em Ciências Ambientais e Florestais pela Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Desde abril de 2004 é professor no Departamento de Geografia do Centro de Ciências Humanas, Letras e Artes da Universidade Federal de Viçosa.

## SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS .....	vi
LISTA DE TABELAS .....	viii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	x
INTRODUÇÃO .....	1
2. OBJETIVOS .....	3
2.1. Geral.....	3
2.2. Específicos .....	3
3. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	6
4.1 - Área de estudo .....	6
4.2 - Aerolevanteamento .....	8
4.3 - Modelo digital do Terreno (MDT) .....	8
4.4 - Amostragem de solo .....	9
4.5 - Análises laboratoriais de solo.....	9
4.6 - Análises Micromorfológicas .....	10
4.7 - Microanálises em seções finas .....	10
5. RESULTADOS.....	11
5.1 - Aerolevanteamento .....	11
5.2 - Geologia Compilada e interpretada.....	11
5.3 - Geomorfologia da Península Byers.....	17
5.4 - Solos da Península Byers.....	26
5.5 - Feições Periglaciais e Geoambientes .....	32
5.6 - Micromorfologia.....	54
6. CONCLUSÕES .....	72
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	74
8. APÊNDICE.....	77

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Ilha de Livingston – Península de Byers	5
Figura 2	Aspa 126 – Península de Byers, Ilha de Livingston, Sul das Ilhas Shetlands, Antártica Marítima	6
Figura 3	Corte geológico transversal integrado do setor oriental da Península de Byers – reproduzido de Parica A.C. (2001), dados não publicados	15
Figura 4	Mapa Geológico da Península de Byers – Ilha de Livingston	16
Figura 5	Mapa Geomorfológico da Península de Byers – Ilha de Livingston	20
Figura 6	Mapa de declividade da Península de Byers – Ilha de Livingston	25
Figura 7	(a) Projeção das variáveis do fator plano PC1xPC2. (b) Projeção dos casos do fator plano PC1xPC2	30
Figura 8	Dados de temperatura da Península de Byers obtidos por Francelino et al. (2009) entre 21 e 26 de janeiro, no centro do solo poligonal. As linhas tracejadas referem-se à borda do polígono	33
Figura 9	Solos Poligonais de ocorrência nas plataformas de abrasão superiores, abaixo do Cone Chester	35
Figura 10	Solos estriados da Península de Byers	38
Figura 11	Solo com rachaduras em áreas hidromórficas nos fundos de vales	39
Figura 12	Encostas pedregosas com manto de clastos superficiais	40
Figura 13	Manto de Clastos em trânsito descendente pela gelifluxão ativa, sobre encosta de material sedimentar marinho misturado a tufo. A vegetação forma uma distribuição alinhada em faixas conforme a declividade, nas plataformas superiores	41
Figura 14	Pavimentos de nivelação, formados na base de encostas pedregosas côncavas, onde há ampla provisão de materiais clásticos misturados com silte	42
Figura 15	Campo de felsenmeer fracamente vegetado, sugerindo ambiente de deserto polar no interior elevado da península, sob forte crioplanção e erosão eólica	44
Figura 16	Depósito de Tálus na base do Promontório Ray, recoberto parcialmente o terço superior de terraço marinho soerguido.	45

	Litologia de brechas vulcânicas pouco consolidadas	
Figura 17	Praia atual (com grupos de elefantes marinhos) e sucessão de níveis de terraços marinhos soerguidos, seccionado por leques aluviais que descem de cânions onde canais de drenagem de degelo são oriundos das plataformas de crioplaneação elevadas. Área da costa norte (Presidente Beach)	46
Figura 18	Planície flúvio-glacial alcançando e seccionando os terraços marinhos. A presença de seixos indica forte soerguimento glácio-isostático atual	47
Figura 19	Sucessivos níveis de terraços marinhos soerguidos na parte oeste da Península	48
Figura 20	Plug vulcânico com forte colonização vegetal e fragmentos de rocha como consequência do intenso intemperismo físico	49
Figura 22	Remanescentes da Moraina frontal na geleira do Dom Rotch	50
Figura 23	Moraina de fundo (tills)	52
Figura 24	Plataforma de crioplaneação próximo ao Cone Chester	52
Figura 25	Termokarst próximo ao Cone Chester	53
Figura 26	Imagem de petroespalhamento eletrônico do P4	55 e 56
Figura 27	Mapas microquímicos e espectros de EDS dos Pontos 1 a 8 do P4	56 e 57
Figura 28	Imagem de petroespalhamento eletrônico do P6	59
Figura 29	Mapas microquímicos e espectros de EDS dos Pontos 1 a 7 do P6	60 e 61
Figura 30	Imagem de petroespalhamento eletrônico do P7	62
Figura 31	Mapas microquímicos e espectros de EDS dos Pontos 1 a 7 do P7	63 e 64
Figura 32	Imagem de petroespalhamento eletrônico do P12	65
Figura 33	Mapas microquímicos e espectros de EDS dos Pontos 1 a 12 do P12	66 a 67
Figura 34	Imagem de petroespalhamento eletrônico do P17	68 e 69
Figura 35	Mapas microquímicos e espectros de EDS dos Pontos 1 a 10 do P17	70 a 71

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Unidades Geológicas da Península de Byers	15
Tabela 2	Unidades Geomorfológicas mapeadas na Península de Byers	19
Tabela 3	Distribuição da declividade na Península de Byers	24
Tabela 4	Estatística descritiva dos perfis (média ponderada pela espessura do horizonte) e dos grupos (mediana – coeficiente de variação %) dos solos da Península de Byers	27 e 28

## RESUMO

FARIA, André Luiz Lopes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, setembro de 2010. **Solos, Geomorfologia e Relações Ecológicas na parte sudoeste da Península de Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Coorientador: Elpídio Inácio Fernandes Filho.

A Península de Byers, Ilha de Livingston possui a mais extensa área livre de gelo da Antártica Marítima, com intensa atividade biológica da fauna local (pinguins, petréis, elefantes marinhos, dentre outros), e notável geofomas típicas de ambientes periglaciais. Possui litologia vulcânica e solos variáveis, como consequência da diversidade de geoambientes. Esta pesquisa levantou, analisou e mapeou os criossolos e a geomorfologia do setor meridional da península a partir dos critérios do sistema World Reference Base (WRB). Identificou-se que as características e as relações geoambientais indicam uma forte heterogeneidade ambiental, governada pela diversidade de solos, materiais de origem sedimentar marinha, continental ou vulcânica, extensas áreas ornitogênicas, bem como fatores topográficos. Praticamente não existem Morainas em Byers, como consequência de sua topografia regular (63%), exceção às áreas próximas à geleira Rotch. Predominam os solos com padrões (28,4%) e as plataformas de crioplaneação (12,9%). Os solos ornitogênicos são mais extensos e desenvolvidos. Os Neossolos regolíticos de algas ocorrentes em paleo-praias holocênicas são pedopaisagens únicas, não tendo sido descritos em nenhuma outra Ilha da Antártica Marítima. Byers é um dos conjuntos mais antigos de paisagens livres de gelo da Antártica Marítima.

## ABSTRACT

FARIA, André Luiz Lopes de, D.Sc., Universidade Federal de Viçosa, September, 2010. **Soils, Geomorphology and Environments at the south-west Are of the Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctic.** Advisor: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer. Co-advisor Elpídio Inácio Fernandes Filho.

The Byers Peninsula, Livingston Island, has the most extensive area free of ice at the Maritime Antarctic, with intense biological activity of local fauna (penguins, petrels, elephant seals, among others), and notable typical geofoms of periglacial environments. It has volcanic lithology and several types of soils as consequence of the diversity of geoenvironments. This research studied, analyzed and mapped the cryosols and the geomorphology of the southern sector of the peninsula with the World Reference Base (WRB) system criteria. It was identified that the characteristics and geoenvironmental relations indicate a strong environment heterogeneity, ruled by soil diversity, materials of marine, continental or volcanic sedimentary source, extensive ornithogenic areas, as well as topographic factors. Practically, there are no moraines at Byers because of your regular topography (63%), except the areas near the Rotch glacier. Standardized soils (28,4%) and the cryoplanation platforms (12,9%) prevail at the area. The ornithogenic soils are most extensive and developed. The Regolithic Neosols of algae at Holocenic paleobeaches are unique landscapes, not being described in any other island of the Maritime Antarctic. Byers is one of the most ancient sets of landscapes free of ice at the Maritime Antarctic.

## INTRODUÇÃO

A criosfera é definida como um subsistema terrestre que se caracteriza pela presença de neve, gelo e *permafrost* é segundo French (1996) a Camada de solo congelado que não descongela completamente durante o verão. Este representa um papel vital nas mudanças ambientais atuais. Solos criogênicos ou Criosolos são típicos das regiões polares e subpolares e têm como principal característica a presença de horizontes que permanecem congelados por mais de dois anos consecutivos (Kimble, 2004). Solos com *permafrost* possuem reconhecidamente, uma grande capacidade potencial de emissão de gases de efeito estufa, influenciando toda a dinâmica climática da Terra (Slaymaker e Kelly, 2007).

Entender as relações existentes entre os meios físicos e biótico, bem como a influência das atividades antrópicas em ambientes polares podem fornecer importantes indicadores para o entendimento da dinâmica climática global.

A falta de dados em escala adequada e coletados ao longo de um período grande de tempo tem dificultado as análises e o entendimento das relações físicas e bióticas em ambientes polares.

A ocupação humana na Antártica é tardia. Em face dessa ocupação, a dinâmica da paisagem Antártica passa a ser influenciada por fatores complexos, dependentes da marcha das transições climáticas naturais ou induzidas, redirecionando tendências de equilíbrio existentes. Os ambientes de áreas cobertas de gelo são reconhecidamente muito sensíveis a mudanças climáticas, e tais perturbações têm causado modificações profundas nestes ambientes, que podem ser percebidas na dinâmica hídrica, na cobertura vegetal e nos solos, entre outros (SCAR, 2009).

Através da estratificação geoambiental, e a aplicação de metodologias integradoras de abordagem geossistêmica esta pesquisa avaliou os parâmetros físicos, tendo como foco os solos

e a geomorfologia, a fragilidade ambiental (Schaefer et al., 2008), tendo com foco uma Área de Preservação, neste caso a Península Byers.

O conceito de geossistema surgiu na escola russa de um esforço de teorização sobre o meio natural, suas estruturas e seus mecanismos tal como existem na natureza. O termo geossistema foi utilizado em 1963 por Sotchava (1977) para descrever a esfera físico-geográfica, que apresentava características de um sistema, com base no fato de que as “geosferas” terrestres estariam interrelacionadas por fluxos de matéria e energia. Segundo o autor, os geossistemas são sistemas territoriais naturais, que se distinguem no envoltório geográfico, em diversas ordens dimensionais, generalizadamente nas dimensões regional e topológica. São constituídos de componentes naturais intercondicionados e inter-relacionados em sua distribuição e se desenvolvem no tempo, como parte do todo. Sotchava (1977) esclarece nesse sentido que, embora os geossistemas sejam fenômenos naturais, todos os fatores econômicos e sociais que influenciam sua estrutura são levados em consideração durante o estudo e a análise (no caso da escola russa são feitas descrições verbais ou mensurações e cálculos matemáticos).

O geossistema é o resultado da combinação de fatores geológicos, climáticos, geomorfológicos, hidrológicos e pedológicos associados a certo(s) tipo(s) de exploração biológica. Tal associação expressa a relação entre o potencial ecológico e a exploração biológica e o modo como esses variam no espaço e no tempo, conferindo uma dinâmica ao geossistema. Por sua dinâmica interna, o geossistema não apresenta necessariamente homogeneidade evidente. Na maior parte do tempo, ele é formado de paisagens diferentes, que representam os diversos estágios de sua evolução.

O entendimento destas paisagens nos permite, a partir das análises temáticas, um entendimento dos processos atuais, bem como aqueles que foram responsáveis pela situação atual, ou seja, seu comportamento ao longo da história geológica e social de cada região.

A paisagem antártica experimenta ao longo de sua formação diversas situações que conferem suas características físicas, químicas e biológicas. Elementos do meio físico e biótico, como a geologia, geomorfologia, clima, cobertura vegetal e solos nos fornecem informações sobre o passado, o presente e tendências para o futuro. A visão integrada dos sistemas naturais, a partir do método geossistêmico, revela-se útil para a análise da evolução da paisagem (Francelino et al., 2010).

## 2. OBJETIVOS

### 2.1. Geral

Caracterização dos solos e ambientes do setor meridional da Península de Byers, Ilha de Livingston – Antártica Marítima.

### 2.2. Específicos

- 1 – Levantar, descrever, analisar e mapear os criossolos e a geomorfologia do setor meridional da Península de Byers, conforme critérios do sistema WRB (FAO, 2007);
- 2 – Elaborar uma base cartográfica em escala adequada aos estudos de criossolos antárticos, através de técnicas de sensoriamento remoto e levantamentos de campo;
- 3 – Analisar os parâmetros físicos, químicos e micromorfológicos dos criossolos coletados na Península de Byers.

## 3. REVISÃO DE LITERATURA

Uma das bases fundamentais nos estudos integrados de geoambientes é a pedologia, pois esta provê uma síntese das interações ocorrentes na interface criosfera/hidrosfera/geosfera/biosfera. Assim, o estudo e monitoramento do perfil de solos criogênicos – enquadrados na ordem *Cryosols* (ISSS WG, 1998) ou *Gelisols* (Soil Survey Staff, 1999) - é um dos recursos para conhecer o comportamento do clima nas regiões polares e

subpolares. Solos afetados por *permafrost* apresentam propriedades biológicas, físicas e químicas muito peculiares, cujas alterações podem ser indicadores de mudanças na temperatura e no aporte de umidade do ambiente. Como os Criosolos (termo adotado neste trabalho, conforme vem sendo usado na literatura pedológica antártica brasileira) não somente contêm grandes quantidades de carbono orgânico, mas também retêm C como resultado dos processos criogênicos, alguns cientistas afirmam que as áreas onde eles ocorrem seriam os lugares mais afetados pelo aquecimento global (Mitchell *et al.*, 1990, e Woo *et al.*, 1992).

O *permafrost* é parte da criosfera terrestre ocorrendo nas regiões polares e subpolares do planeta. Na Antártica, ainda são escassas informações a respeito da distribuição, espessura, idade, propriedades físicas e químicas do *permafrost*. As características da camada ativa (porção do solo que descongela durante o verão) e do *permafrost* são altamente sensíveis às mudanças climáticas. Estas mudanças resultam em importantes respostas na hidrologia regional, funcionamento dos ecossistemas terrestres, estabilidade da paisagem e nos impactos ambientais de origem antrópica.

Cerca de 1/4 da superfície terrestre apresenta permafrost - apenas na zona circumpolar boreal os Criosolos cobrem quase  $8 \times 10^6$  km<sup>2</sup>. Estão armazenados aí, 16% do total de carbono orgânico do solo do planeta, ou seja, 268 Gt, na profundidade de 0-100 cm (Tarnocai *et al.*, 2003).

Permafrost é um conceito puramente pedoclimático, sem significância genética, sendo sua aplicação viável em região de clima extremamente frio que garanta sua existência (Beyer *et al.*, 2000).

Ainda que 90% dos Criosolos do mundo estejam no hemisfério Norte, estudos sobre Criosolos antárticos ainda são escassos para se fazer uma estimativa de sua área. No entanto, pode-se afirmar que eles cobrem uma superfície muito menor que os 10% restantes, pois as áreas livres de gelo se estendem por apenas 48.310 km<sup>2</sup> da Antártica, o que corresponde a apenas 0,4% daquele continente (SCAR, 2007). Apesar de sua pequena extensão, os solos da

Antártica despertam o interesse científico por possibilitarem o estudo de processos físicos, químicos e biológicos sob condições extremas de frio e isolamento, únicas no planeta.

Na península de Byers, na Ilha de Livingston (Figura 1) extremo sul do arquipélago das Shetlands do Sul, tem-se uma paisagem de grande interesse científico e ambiental, constituindo a mais extensa área livre de gelo da Antártica Marítima, onde há intensa atividade biológica da fauna (pinguins, petréis, elefantes marinhos, dentre outros), e notável geformas típicas de ambientes periglaciais (Figura 2).



Figura 1. Ilha de Livingston- Península de Byers  
Fonte: Ivanov, Lyubomir – Bulgarian topographic surveys 2004/05

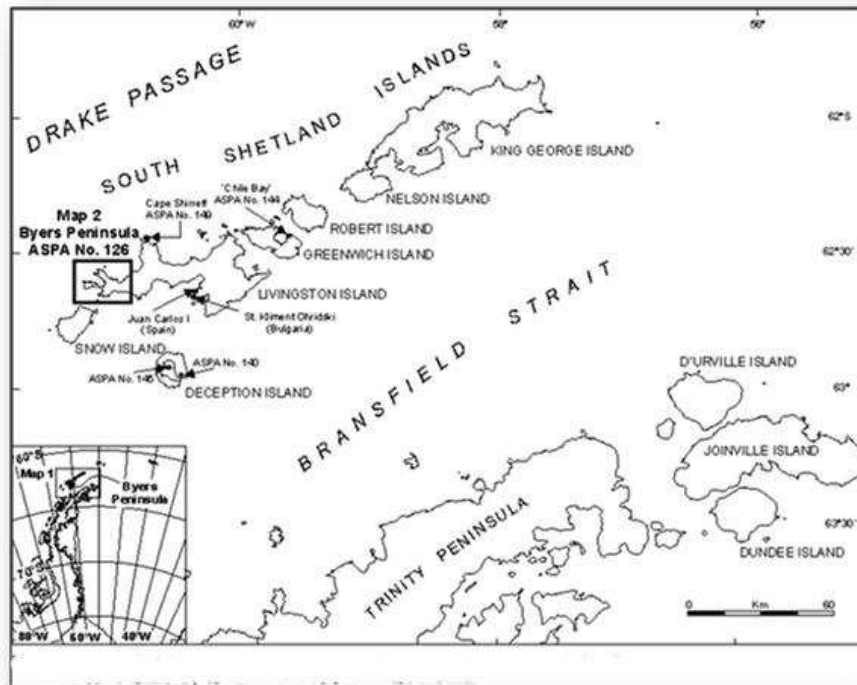


Figura 2 – Aspa 126 – Península de Byers, Ilha de Livingston, Sul das Ilhas Shetlands, Antártica Marítima.

Fonte: SCAR 2003.

A Península de Byers é uma Área Especialmente Protegida, compondo a ASPA 126 (Figura 2). Existe um plano de gerenciamento para a área, contendo as diretrizes gerais para utilização para fins de pesquisa deste que é considerado a maior área livre de gelo da Antártica Marítima (Scientific Committee on Antarctic Research - SCAR).

#### 4. MATERIAL E MÉTODOS

##### 4.1 - Área de estudo

A Ilha de Livingston (Figura 1), com 845 km<sup>2</sup> é a segunda em tamanho nas Ilhas Shetlands do Sul, menor somente que a Ilha Rei George. Possui um comprimento de 76 km e uma largura de 31 km, no setor oriental e de 8 Km na zona central. A maior parte das áreas livres de gelo (50 km<sup>2</sup>) localiza-se na Península de Byers, que constitui o território livre de gelo mais extenso das Ilhas Shetlands do Sul, Antártica Marítima (Hobbs, 1968).

Na Ilha Livingston afloram os principais elementos litológicos que caracterizam o orógeno que se estende ao largo da Península Antártica e que representa a continuação meridional dos Andes. Este orógeno está relacionado com a subducção entre o Oceano Pacífico e a crosta da Península antártica. Sua estruturação pode ser considerada como resultado de duas etapas: A Orogênese Gowndânica, de idade Triássica superior-Jurássica inferior e de Orogênese Andina, de idade Cretácica-Miocena (Smellie, 1981, Dalziel, 1982).

A península de Byers (Figura 2) localiza-se entre o estreito de Bransfield e a Passagem de Drake, e entre as latitudes sul  $62^{\circ}33'35''$  e  $62^{\circ}41'24''$  e longitude oeste  $61^{\circ}13'29''$  e  $60^{\circ}54'15''$ . A península tem uma extensão N - S central de cerca de 9 km e uma extensão E - W de 18,2 Km. A península de Byers está submetida a um regime climático polar oceânico (Barsch et. al, 1985; López-Martinez, J. et al, 1996), no qual a temperatura ao nível do mar, no verão se eleva frequentemente acima de  $0^{\circ}$  C. Por situar-se na região de baixa pressão circumpolar, seu clima é determinado pela passagem de sucessivos sistemas ciclônicos originados no sudeste do oceano pacífico. Estes se caracterizam por ventos fortes que trazem ar relativamente quente e úmido, promovendo precipitações líquidas nos meses de verão. É parte do quadro climático úmido característico de todo o arquipélago das Shetlands do Sul e que contribui para acelerar o derretimento da neve precipitada durante o inverno, potencializando os processos geomorfológicos periglaciais. Além disto, sofre influência das massas de ar e correntes marítimas provenientes do Estreito de Bransfield e Passagem de Drake.

A península de Byers tem apresentado rápida expansão de suas áreas periglaciais, em consequência da retração generalizada de sua cobertura de gelo (Domo de Gelo Rotch). Essa diminuição das massas de gelo pode ter ocorrido em função do aquecimento acentuado que vem se verificando na região da península Antártica desde meados do século XX (Vaughn & Doake, 1996, King & Harangozo, 1998, Weller, 1998; Comiso, 2000; Vaughn et. al., 2001; Ferron et. al., 2004).

Durante o curto período de derretimento de verão, as áreas livres de gelo ficam sujeitas à intensa erosão hídrica e eólica, como agentes dinâmicos de esculturação da paisagem, e ao uso por animais, em colônias próximas do mar ou em ninhos esparsos em pontos afastados da ação marinha direta. Sua constituição e estrutura geológica condicionam em parte a topografia da península, com os principais relevos situados nos setores de rochas vulcânicas onde se localizam proeminentes cerros e pequenos promontórios que coincidem com afloramentos basálticos ou andesíticos.

#### *4.2 - Aerolevramento*

Esta pesquisa apresenta um estudo envolvendo um levantamento aérefotogramétrico/fotográfico, para os quais foi usada câmara da marca Hasselblad, pertencente ao Núcleo de Estudos e Planejamento do Uso da Terra da Universidade Federal de Viçosa (NEPUT/UFV). Para o levantamento aerofotogramétrico utilizou-se uma MK-70. As câmaras operaram acopladas em plataforma especialmente desenvolvida para este tipo de levantamento, executado com aeronave leve. Um helicóptero Esquilo bi-turbinado, operando a partir do navio de apoio oceanográfico (NapOc) da Marinha do Brasil.

A partir de aerofotos métricas e não métricas foram elaborados mosaicos e comparados os resultados dos levantamentos aerofotográfico e aerofotogramétrico. Os mosaicos foram utilizados apenas para identificar padrões de solos e vegetação, da área entre o Cone Chester e Ponta Seal.

#### *4.3 - Modelo digital do Terreno (MDT)*

Segundo Mitishita (1997), MDT é um conjunto de pontos amostrados na superfície real, com coordenadas tridimensionais determinadas em um dado referencial e algoritmos que possibilitam a construção de um modelo matemático que reproduza, da melhor forma possível,

o comportamento altimétrico da superfície real. Nesta pesquisa o MDT foi confeccionado a partir da base planialtimétrica na escala de 1:25000 fornecida pelo Exército Espanhol.

#### 4.4 - Amostragem de solo

Um trajeto de aproximadamente 12,5 km foi percorrido, entre as geleiras Rotch e o Cone Chester, na Península de Byers, ao longo do qual foram observadas e descritas as características geoambientais e os solos associados. Juntamente com as análises de laboratório, buscou-se conhecer melhor os solos sob influencia de áreas de nidificação, antiga ou atual de *Pygoscelis papua*, e diferenciá-los dos demais ecossistemas ornitogênicos da região, já estudados.

Ao todo foram abertos 39 perfis de solos, descritos conforme o World Reference Soil Database (FAO, 2014), e foram coletadas amostras para análises físicas e químicas, além de amostras indeformadas para micromorfologia.

#### 4.5 - Análises laboratoriais de solo

Imediatamente após serem coletadas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos identificados e guardadas em caixas plásticas sob temperatura ambiente até serem recolhidas pelo Navio de Apoio Oceanográfico (NApOc) Ary Rongel, da Marinha do Brasil.. Ao chegarem à UFV foram imediatamente desempacotadas e colocadas para secar ao ar.

Após a secagem, foram peneiradas em malha de 2 mm e pesadas. A classificação textural foi feita através de dispersão mecânica de amostras de TFSA em água destilada. Não foi utilizado dispersante químico para evitar a degeneração do fosfato. Em seguida à dispersão, procedeu-se ao peneiramento, secagem e pesagem de areias, sedimentação de silte e sifonação da fração menor que 0,002 mm (Gee e Bauder, 1986).

Em seguida o material foi reacondicionado em sacos plásticos e pequenas porções de terra fina seca ao ar (TFSA) foram enviadas ao Laboratório de Rotina de Fertilidade de Solos da UFV para as análises químicas a seguir relacionadas.

A determinação de nutrientes extraíveis, pH e textura para amostras de TFSA foi feita conforme EMBRAPA (1997). Fez-se a extração de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , e  $\text{Al}^{3+}$ , com  $\text{KCl}$  1 mol  $\text{L}^{-1}$ , e P,  $\text{Na}^+$  e  $\text{K}^+$  com extrator Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997). Os níveis de nutrientes nos extratos foram determinados através de espectroscopia de absorção atômica (para o  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , e  $\text{Al}^{3+}$ ), emissão de chama (para  $\text{K}^+$  e  $\text{Na}^+$ ) e fotolorimetria (para o P). A determinação de  $\text{H}^+$  e  $\text{Al}^{3+}$  trocáveis deu-se com extrator acetato de cálcio 0,5 mol  $\text{L}^{-1}$ . O carbono orgânico total (COT) foi determinado por combustão, em amostras de menos de 0,5 mm (Yeomans e Breemen, 1988). O método de digestão Kjeldahl (EMBRAPA, 1997) foi usado na determinação de N total.

#### 4.6 - Análises Micromorfológicas

Para as análises micromorfológicas, amostras indeformadas de solos foram coletadas em caixas de alumínio, sendo posteriormente impregnadas com resina de polyester, e confeccionadas lâminas polidas (seções-finas) nas dimensões de 3 x 6 cm, analisadas em microscópio petrográfico. As lâminas foram descritas conforme as recomendações de FitzPatrick (1993) e Delvigne (1998), com ênfase na microestrutura, observações sobre feições micropedológicas de solos criogênicos.

#### 4.7 - Microanálises em seções finas

Nas seções finas previamente estudadas em microscópio petrográfico com polimento manual, foram preparadas para microanálise em microscopia eletrônica de varredura. Amostras de 2,0 x 2,5 cm foram polidas sucessivamente em disco de nylon com pasta de diamante, desde 60 $\mu$ , 6 $\mu$ , 3 $\mu$  até 1/4 $\mu$ . Após lavagem ultra-sônica final para remoção de resíduos do polimento,

as seções finas foram recobertas com filme condutor de carbono e montadas em suporte metálico.

As lâminas foram subseqüentemente analisadas e fotografadas em microscópio eletrônico de varredura, com detector de elétrons retroespalhados e acoplado a espectrômetro de dispersão de raios-X (PCXA – EDS e WDS), da UNICAMP/UFMG. Foram realizados exames microquímicos das feições de fosfatização selecionadas, com ênfase no plasma fosfático e agregados organo-minerais ricos em P. As análises microquímicas foram realizadas com voltagem de 15 kV, 5 A e a 39 mm de distância de trabalho (detector-superfície). A cada troca de amostras, o PCXA-EDS foi recalibrado.

Foram obtidos mapas microquímicos das áreas selecionadas, para os principais elementos presentes (P, Si, Al, Fe, K, Ca, Mg e Ti). Todas as feições foram analisadas em três repetições, mapeadas e fotografadas em imagens de retroespalhamento de elétrons para visualização de sua morfologia.

## 5. RESULTADOS

### *5.1 - Aerolevantamento*

Em função de problemas técnicos o aerolevantamento realizado não pode produzir a base de imagens desejada. Durante o voo o sistema de aquecimento da câmera teve problemas e, em função da baixa temperatura o sistema de disparo travou (congelou).

As fotos foram pouco utilizadas, pois, faltou a coleta de pontos de controle no campo, para georeferenciá-las. Esta situação fez com que fosse utilizado como mapa base para elaboração de todos os mapas temáticos, a carta topográfica na escala de 1:25.000 produzida pelo Exército Espanhol.

### *5.2 - Geologia Compilada e interpretada*

A Ilha de Livingston possui uma das seqüências geológicas mais diversificadas e complexas das Ilhas Shetlands, e sua formação e estruturação é resultado de um processo de

subducção entre placas tectônicas, de forma pulsante e continuada no tempo (Storey e Garret, 1985). Neste contexto, observam-se em Livingston desde rochas sedimentares gondwânicas do Paleozóico Superior-Mesozoico Inferior, rochas sedimentares (rochas clásticas – conglomerados) do Jurássico Superior-Cretáceo Inferior, rochas vulcânicas do Cretáceo, rochas Plutônicas paleógenas até rochas vulcânicas ou sedimentares, Quaternárias ou recentes (Hobbs, 1968; Smellie, 1980; Parica et al., 2001) (Figura 3). A erosão periglacial é responsável pela redistribuição e mistura de boa parte dos produtos de intemperismo físico das rochas, obliterando os contatos geológicos em relevos mais suavizados. Contudo, é possível uma boa separação das principais litologias no campo.

Para Hobbs (1968) diferenciam-se três setores geológico-estruturais principais para a Ilha de Livingston:

1. O Montanhoso, que culmina com o Monte Friesland – de orientação WSW-ESSE, com relevo forte ondulado, com uma altitude máxima de 1770m;
2. Geleira de Domo Roch, coberto por gelo e estreito de McFarlane – se estende ao norte e se prolonga para oeste, com um relevo ondulado, que em geral se situam abaixo dos 400m, com alguns picos mais altos e relevo mais ondulado no extremo oriental;
3. Península de Byers – sem recobrimento de gelo, apresenta uma série de plataformas amplas e escalonadas, onde se destacam alguns picos. O Chester Cone, localizado na parte central da Península é o mais alto, alcançando 268m.

Na península de Byers encontramos um dos mais extensos e desenvolvidos sistemas de praias e terraços marinhos soerguidos (Figura 4). Estes ocupam, atualmente, cinco patamares soerguidos distintos, com sedimentos sucessivamente mais antigos, embora todos sejam datados do Holoceno. Na parte central e oriental da península, afloram estratos continentais do chamado Grupo Byers, que correspondem à formação Cerro Negro (Hathway, 1997; Remesal, 1994). As unidades da formação Cerro Negro se apóiam em discordância angular diferencial sobre sedimentos marinhos e transicionais das formações Chester Cone e Presidente Beach.

Um dos elementos mais característicos da paisagem central da península é o Monte ou Cerro Chester que corresponde a um corpo intrusivo andesítico, ao qual se associam derrames e fluxos piroclásticos. Desde esta área até a Geleira de Domo Rotch se estendem os afloramentos da Formação Cerro Negro.

A formação Cerro Negro (Hatway, 1997) foi definida para incluir os depósitos continentais tanto sedimentares quanto vulcânicos, aflorantes na península. Para uma caracterização mais ordenada da formação, ela foi dividida em unidades piroclásticas, depósitos sedimentares e corpos intrusivos.

A sedimentação continental esta integrada por fácies conglomeráticas, arenosas e pelíticas de cores claras, verdes e com grande participação de material piroclástico intercalado.

As unidades piroclásticas afloram no setor centro-oriental da península e no entorno dos Cerros Chester e Don Carlos. Reconhecem-se cinco unidades, descritas abaixo:

**Unidade 1** – Correspondem às rochas nas imediações do cerro Chester são em geral de coloração amarela, de composição eminentemente ácida, rica em quartzo, plagioclásios e mica, datada em 126 Ma;

**Unidade 2** – repousa acima da unidade 1, apresentando uma coloração verde, com fragmentos de tamanho grande. Presença de plagioclásios e piroxênios, datada de 110 Ma;

**Unidade 3** – Afloram nos arredores do cerro Don Carlos, apresenta um depósito de fluxo piroclástico de cor rosada, com fragmentos líticos grandes de rochas vulcânicas ácidas a intermediárias;

**Unidade 4** – Aflora de forma descontínua no setor oriental da península de Byers, principalmente entre Cerro Negro e Geleira Rotch. Corresponde a um depósito de eventos explosivos, relativamente mais básico que as unidades mais antigas;

**Unidade 5** – Constitui um manto praticamente contínuo entre o Cerro Don Carlos e o Domo Rotch que cobre de forma discordante as unidades do setor oriental da península.

Em relação ao material Vulcânico e extrusivo (lavas), identificam-se três unidades (Figura 6):

1 – **Cerro Chester** – constitui uma das maiores elevações da península, com 188m. Corresponde a uma chaminé vulcânica parcialmente desmantelada com fácies intrusiva e efusiva.

2 – **Cerro Negro** – Corpo Vulcânico básico. Tem uma altura máxima de 100m. Sua estrutura colunar é muito bem definida.

3 – **Cerro Don Carlos** – As manifestações efusivas estão bem representadas pelos basaltos que correspondem aos eventos tardios do magmatismo da península.

As rochas sedimentares da Formação Cerro Negro são intercaladas por seqüências vulcânicas aflorantes no entorno do Cerro Negro. O perfil compreende duas seções, separadas lateralmente por falhamento. A seção inferior de aproximadamente 35m de espessura se apóia sobre uma rocha vulcânica de composição basáltica. A seção superior de aproximadamente 45m de espessura está presente na base de um depósito piroclástico que marca a intercalação de um evento vulcânico concomitante com a sedimentação.

Contemporaneamente ao vulcanismo, acumulou-se uma grande quantidade de sedimentos clásticos fluviais, de variada granulometria, no setor médio da península. A interpretação deste ambiente permite um reconhecimento de várias bacias com características continentais, desenvolvidas em condições climáticas estáveis com forte energia inicial (“dissecando” o material vulcânico, plutônico e sedimentar presente na área) e que depois decresce permitindo o desenvolvimento de lagos.

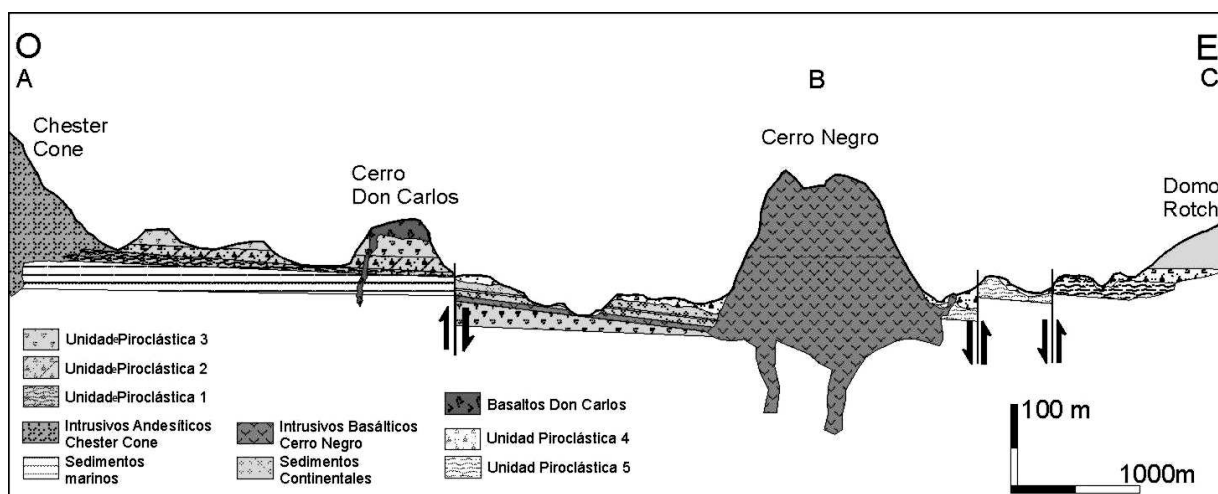


Figura 3 – Corte geológico transversal integrado do setor oriental da península de Byers. Reproduzido de Parica A.C (2001), dados não publicados.

De forma geral, a geologia de Byers está assim dividida:

Tabela 1 – Unidades Geológicas na Península Byers.

Geologia	Área (ha)	Área (%)
Praias e Terraços Quaternários e Aluviões (Quaternário-Pleistoceno e Holoceno)	1399	16,77
Tufos e Brechas vulcânicas continentais (Cretáceo Inferior)	103	1,23
Sills, chaminés vulcânicas e Corpos ígneos intrusivos	2481	29,75
Sedimentos Marinhos – Argilitos, Arenitos e Conglomerados	1018	12,2
Brechas vulcânicas	1049	12,6
Manto de Gelo da Geleira Rotch (Quaternário indiferenciado)	2289	27,45

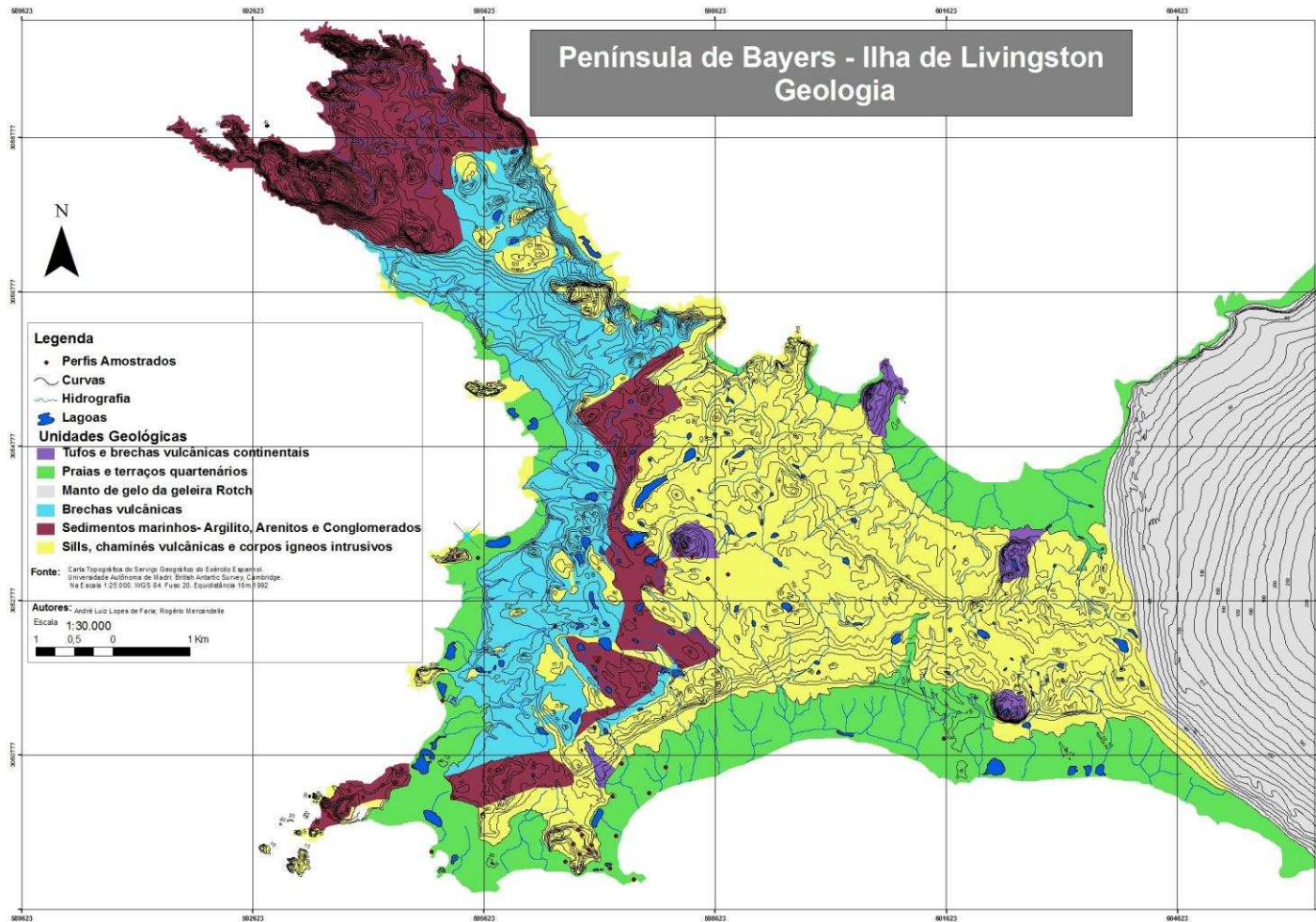


Figura 4 – Mapa Geológico da Península de Byers – Ilha Livingston.

### 5.3 - Geomorfologia da Península Byers

A Península de Byers representa uma área livre de gelo da Antártica pelo menos desde a grande retração Holocênica das geleiras da Shetlands do Sul, em torno de 4.000 anos A.P. (Bjorck et al, 1993; Serrano et al, 1996). A maior umidade experimentada na região desde então, favoreceu muito os processos periglaciais, criando uma variedade de geoformas associadas, muitas das quais são ainda ativas, enquanto outras são reliquias ou fósseis.

Destaca-se a grande área de praias e planícies fluvioglaciais com aluviões e terraços quaternários, que indicam o forte soerguimento glacioisostático da Península de Byers, provocado pelo recuo da geleira Rotch. Possuem maior desenvolvimento na parte sul da península, mas se distribuem por todo o litoral.

No setor oeste da península, ocorrem extensas áreas de sedimentos marinhos Mesozóicos (12,2%) com destaque para siltitos e argilitos que condicionam solos ácidos com fraco desenvolvimento da cobertura vegetal, e forte erosão periglacial.

A parte central e mais extensa é o eixo vulcânico com sills, chaminés e corpos intrusivos que dominam a paisagem de topo. Truncadas pela erosão glacial ou marinha antes do soerguimento. Ocupam quase 30% da área mapeada. Os processos periglaciais dominantes em Byers são: gelifluxão, geliflacção, crioturbação, com contribuição menores do intemperismo químico e áreas de umedecimento e secagem (Hall, 1992). Todos eles ocorrem num contexto de forte e ativo soerguimento glacio-isostático. Assim, a Península de Byers representa um típico sistema morfogenético periglacial, talvez o mais típico e diversificado da Antártica Marítima.

O termo periglacial foi utilizado pela primeira vez em 1909 pelo polonês Lozinski para referir-se às condições climáticas e geomorfológicas das zonas periféricas de capas de gelos pleistocênicas. Atualmente este termo foi estendido para designar processos e

características de climas frios, sem levar em conta sua proximidade temporal e espacial dos glaciares.

Os ambientes periglaciais se caracterizam por um predomínio dos ciclos de congelamento e descongelamento do terreno e pela existência de permafrost. Este domínio ocupa atualmente a quinta parte da superfície do globo e em períodos frios pleistocênicos, estima-se que esta área cresceu em 20% (French e Karte, 1988).

Os ambientes periglaciais apresentam uma grande variedade climática, com temperaturas médias anuais próximas ou muito abaixo do ponto de congelamento e em geral com uma amplitude térmica anual importante. As precipitações totais anuais oscilam consideravelmente de um ambiente para outro, com valores que oscilam entre 130 e 1400 mm para Peltier (1950) e 50 e 1250 mm para Wilson (1960). Tricart (1967) estabelece as diferenciações climáticas dos meios periglaciares considerando a combinação de temperatura, precipitação, vento e distribuição estacional.

As formas de origem periglacial ocupam uma área de 8.359,3 ha, o que corresponde a 100% da extensão das áreas livres de gelo da península Byers. Foi possível diferenciar 16 tipos de formas associadas aos diferentes processos, topografias, litologias, altitudes e orientações, que mostram a importância da morfogênese periglacial na Antártica Marítima.

A geomorfologia da Península (Figura 5 e Tabela 2) foi construída a partir do mapa Geomorfológico de Byers (Lopez Martinez, ET al. 1995). A área de pesquisa é a maior e mais antiga área livre de gelo das Shetlands do Sul. Os padrões de geoformas foram construídos nos últimos 10.000 anos (Holoceno) a partir do recuo da geleira do Domo Roch. Estas áreas que anteriormente foram modeladas por ações glaciais, passaram a receber intemperismo e morfogênese periglacial.

Extensos terraços marinhos soerguidos, morainas de fundo, plugs, cones vulcânicos, solos com padrões, dentre outros, são algumas das feições predominantes.

Tabela 2 - Unidades Geomorfológicas mapeadas na Península Byers.

Geoformas	Área em hectares	Área (%)
Encostas Pedregosas (mantos de clastos)	258	3,42
Vales abertos embutidos	43	0,51
Geleira	2102	25
Gargantas	8	0,1
Patamares de lavas	134	1,6
Lagos	61	0,75
Felsenmeer	107	1,27
Plataformas de crioplanção superiores a 60m	1084	12,9
Morainas de empurrão	5	0,05
Termokarst	250	3
Residuais vulcânicos marinhos soerguidos	0,3394	<0,05
Solos com padrões	2358	28,4
Plugs vulcânicos	118	1,42
Praias atuais e paleo-praias holocênicas	1583	19
Morainas de fundo	199	2,5
Associação de plugs vulcânicos, solos com padrões e declive de escombros	49	0,6

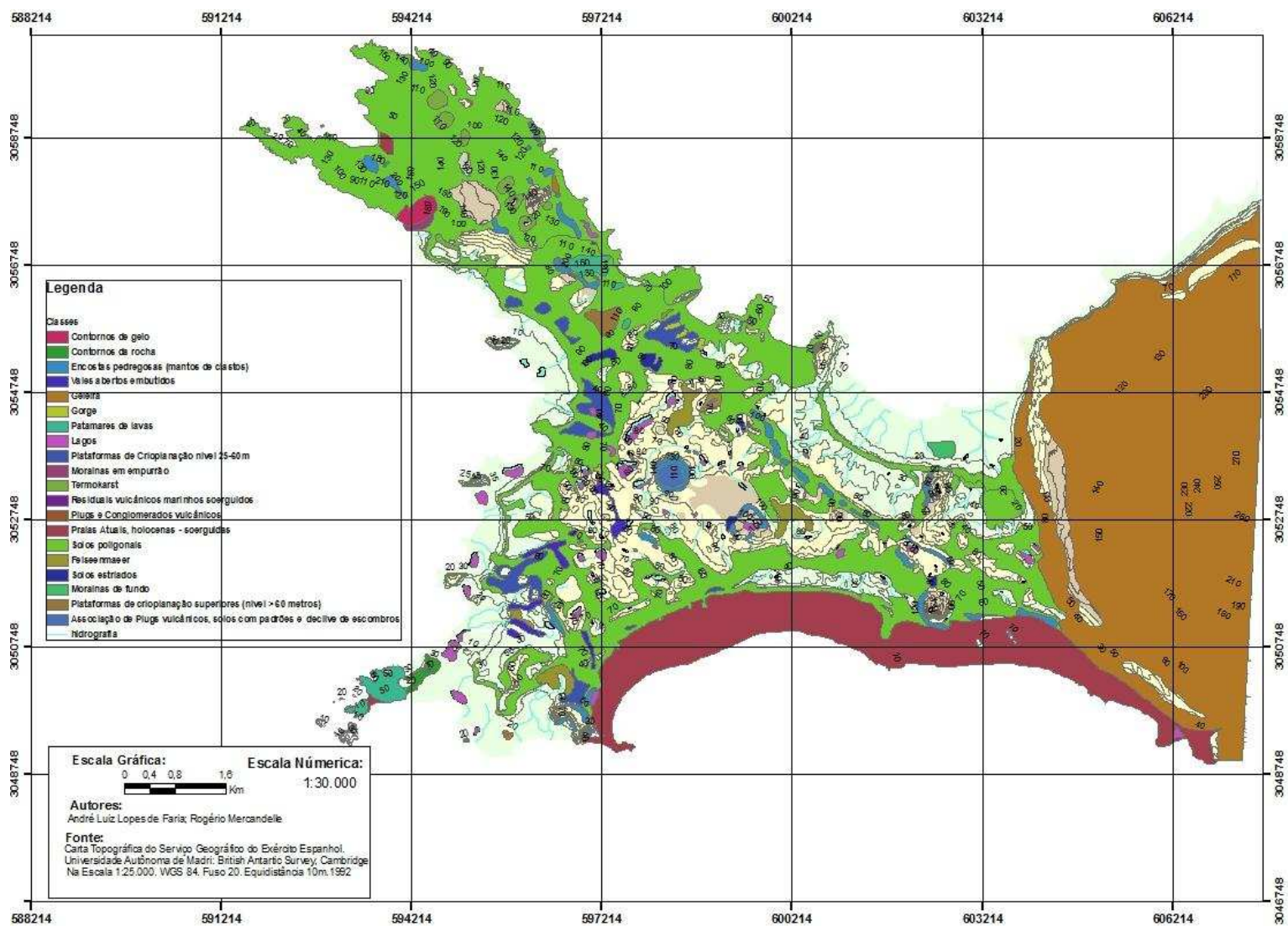


Figura 5 - Mapa Geomorfológico da Península Byers – Ilha de Livingston.

Os processos geomorfológicos atuantes em áreas periglaciais são altamente específicos, bem como as geoformas geradas. Do ponto de vista morfodinâmico, estes domínios se caracterizam fundamentalmente pela alternância de gelo e degelo de sua superfície. Sua atuação se concentra no período de transição entre o inverno e o verão, em função da intensa variação de temperatura em torno do 0° C.

Do ponto de vista geomorfológico as principais formas resultantes são os Felsenmeer, as encostas, morainas, tálus e os afloramentos de rocha. Os deposicionais estão vinculados aos platôs, onde, em função da declividade são encontrados os solos com padrões, as planícies fluvioglaciais e os terraços marinhos soerguidos.

Entre os Terraços Marinhos, identificaram-se cinco grandes níveis de terraços soerguidos, tendo como gênese o alívio isostático ocorrido na península pelo recuo da geleira (Domo Rotch). Estas áreas recebem influência marinha e continental. Além dos terraços marinhos encontramos também afloramentos de rocha (paleostacks) muito utilizados por aves para nidificação. A permanência dos ninhais nestas áreas tem possibilitado o desenvolvimento dos solos Ornitogênicos, localmente muito ricos em fosfatos.

Outro aspecto importante a ser discutido são as alterações impostas às vertentes pelos ciclos de congelamento e descongelamento, superficial e subsuperficial. Do ponto de vista superficial, a crioturbação age de três formas principais: a primeira a partir do movimento gerado pelo gelo na superfície do solo; a segunda, em profundidade, com o congelamento do perfil do solo; e a terceira a partir do descongelamento, via canais por onde a água do degelo circula.

Os efeitos da crioturbação variam muito de acordo com as características do material afetado, o volume de água disponível, a intensidade, a duração e velocidade do descongelamento/gelo. O alto conteúdo de gelo reduz a capacidade de drenagem e promove condições hidromórficas no solo durante o período de descongelamento, quando a massa de

solo fica saturada; quando localizada em terreno declivosos, favorece o processo de solifluxão (fluxo lento de terreno mais alto até um mais baixo, de massas de solo ou terras saturadas com água).

Segundo Thornbury (1958), há quatro condicionantes para promover este processo:

- 1 – Fornecimento abundante de água proveniente do derretimento da neve e do gelo no solo;
- 2 – Encostas com declividade de média a acentuada, livres de vegetação;
- 3 – Presença, por baixo da superfície, de terreno permanentemente congelado;
- 4 – Produção rápida de novos depósitos de rochas por meteorização.

Durante os meses de verão a superfície congelada se derrete até uma profundidade de poucos metros e ali, por cima do horizonte congelado, desenvolve uma massa saturada com a água do solo e com detritos de rochas que fluem em massa encosta abaixo. Em geral os efeitos topográficos da solifluxão não são notados, pois, opera sobre toda a superfície do terreno.

Segundo Thornbury (1958) certos padrões de solos e estruturas estão relacionados estreitamente com a solifluxão. São fenômenos típicos das altas latitudes e altitudes. As condições destes ambientes que mais contribuem para o desenvolvimento da solifluxão são a intensidade e frequência do congelamento/descongelamento, e a presença de solos permanentemente congelados. Supõe-se que as estruturas do solo são motivadas pelos ciclos de congelamento/descongelamento repetidos, com a aceleração conseguinte da meteorização mecânica, crescimento do gelo no solo, trocas pronunciadas no volume dos materiais superficiais, movimento diferencial e progressivo dos detritos das rochas, destacando a distribuição irregular e o movimento de massa do material encosta abaixo.

As redes ou polígonos regulares são estruturas do solo tridimensionais, que tem no centro principalmente argila, com margens aproximadamente circulares ou poligonais de fragmentos de rocha. As redes de pedra podem ainda receber os nomes de polígonos de pedra,

polígonos de congelação, terreno ou solo poligonal e solos com padrões (patterned-ground). (Thornbury 1958; Coque 1977; López-Martinez, 1996; French, 1996).

Sua disposição similar a uma rede pode estender-se até uns 60 cm de profundidade e podem variar em diâmetro desde uns poucos metros até mais de 10m. Os solos poligonais encontram-se sobre terreno plano e quase plano, sobre morros com inclinação moderada (5° a 15°) Sharp 1942a. Quando este material se alarga por solifluxão encosta abaixo constitui formas elípticas parecidas com língua, identificadas como guinadas de pedras que se caracterizam pela diferenciação imperfeita entre os materiais mais finos no centro e o mais grosseiro nas margens, sua distribuição não é tão nítida como os solos poligonais. Em encostas com pendentes de 5° a 30° as guinadas de pedras dão lugar às listas de pedras, franjas paralelas pedregosas e terrosas.

Segundo Sharp 1942, López-Martinez, 1996, French, 1996, os solos poligonais podem ter a seguinte gênese:

1 – O detrito homogêneo sofre congelamento e derretimento não homogêneo;

2 – As áreas de material fino são essencialmente o centro de pressão, porque contêm mais água e estão possibilitadas para extrair umidade dos materiais que a rodeiam à medida que se congelam;

3 – O congelamento e derretimento repetidos classificam os elementos grossos e finos do detrito da seguinte maneira: ao congelar, as pedras e materiais finos adjacentes são impelidos para cima e para fora, desde o centro de pressão até a área dos concentrados finos. Ao derreter os materiais finos se contraem e são atirados para trás mais que as pedras devido a maior coesão mútua que possuem. Isto deixa as pedras em uma posição nova em relação ao material que as rodeia. A repetição deste processo eventualmente produz a classificação dos solos em polígonos.

A dilatação por congelamento é uma parte essencial da maioria das teorias que são propostas para explicar os solos poligonais, mas não estão em acordo com o modo exato em

que este atua. Parece provável que as numerosas variações das estruturas dos solos estão relacionadas com variações locais de outros fatores como a altimetria – Modelo Digital de Elevação (Figura 5), vegetação, tipos de detritos superficiais e talvez até a profundidade do terreno congelado.

A área de pesquisa possui um relevo bastante diversificado. Nas áreas de afloramento dos cones vulcânicos ele é forte ondulado, com declividades acentuadas. Entre os afloramentos e o litoral encontramos as planícies, áreas que recebem o fluxo de sedimentos desta e apresentam um padrão de solos conhecidos como patherground, ou solos com padrões. Na zona costeira da península, encontramos os terraços marinhos soerguidos, recebendo influência marinha e fluvial.

O mapa de declividade (Figura 5) nos permite identificar a distribuição dos aclives e declives de uma porção do território. Declividade pode ser entendida como a relação entre a diferença de altura entre dois pontos e a distância horizontal entre esses pontos.

Tabela 3 - distribuição da declividade na área de pesquisa.

Declividade (%)	Área em hectares	Área(%)
0% - 3%	2889	34,64
3% - 5%	2407	28,86
8% - 20%	999	12
20% - 45%	601	7,2
>45%	1451	17,3

Cerca de 62% do território da península encontra-se nas áreas mais baixas, onde estão localizados os terraços marinhos soerguidos. As áreas das planícies vêm em seguida com 12% e os afloramentos de rocha e regiões mais altas ocupam aproximadamente 24% da península.

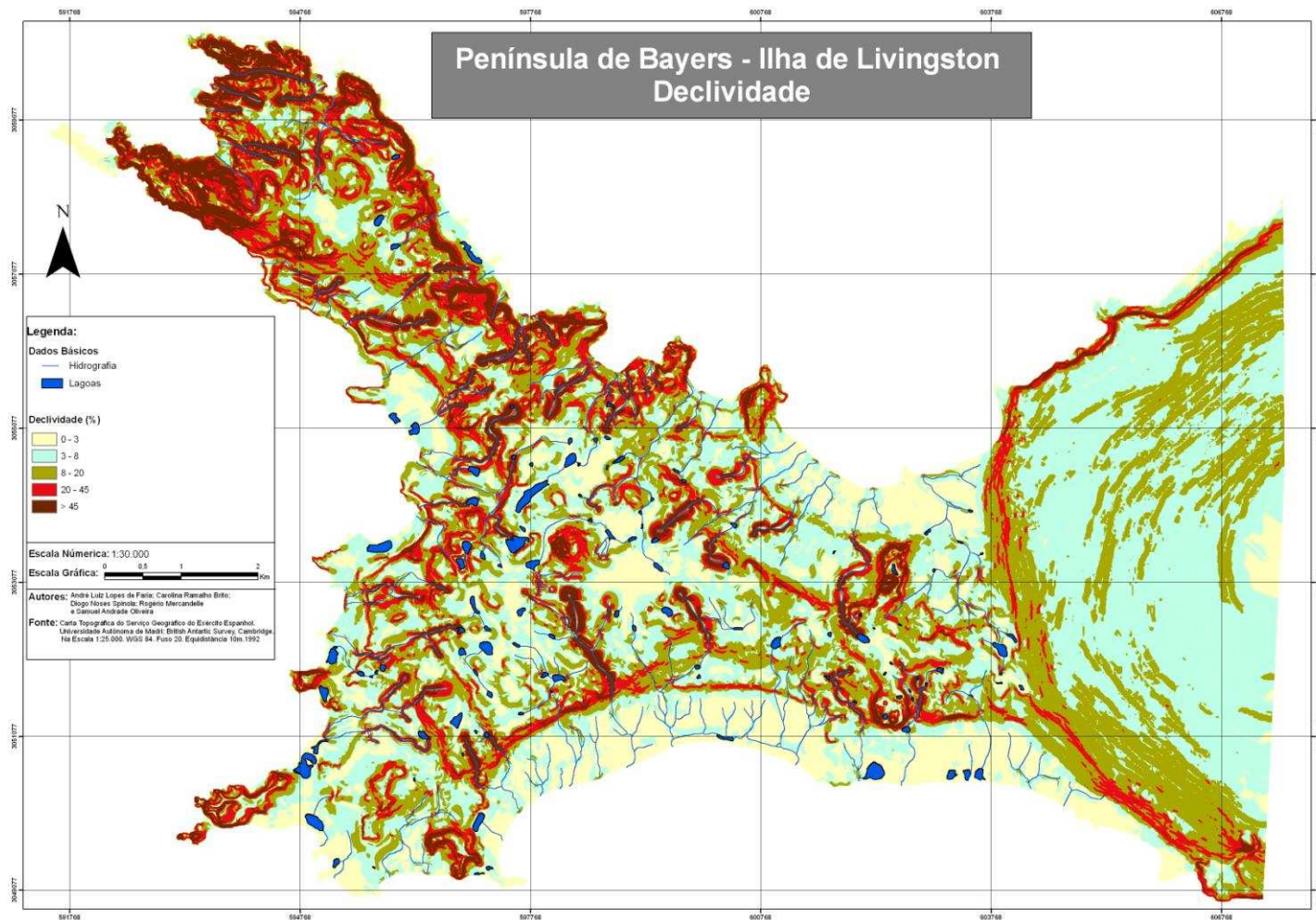


Figura 6 – Mapa de declividade da Península de byers – Ilha de Livingston.

#### *5.4 - Solos da Península Byers*

Os perfis coletados foram classificados entre Leptosol (24 perfis), Regosol (11), Cryosol (2) e Histosol (1). Foi observada uma grande variação da profundidade dos perfis, intensidade de crioturbação, teor de matéria orgânica, influência de nidificação de aves e reatividade do solo de acordo com o local de coleta (Tabela 3).

Tabela 4. Estatística descritiva dos perfis (média ponderada pela espessura do horizonte) e dos grupos (mediana – coeficiente de variação %) dos solos da Península Byers.

Perfil (altitude)	Max, Prof. (cm)	Temp, <sup>(a)</sup> (°C)	Wet soil color <sup>(b)</sup>	Cs	Fs	Sp	Cp	Texture <sup>(c)</sup>	pH	P <sub>M</sub>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H <sup>+</sup> +Al <sup>3+</sup>	SB	t	CEC
				%							mg dm <sup>-3</sup>			cmolc kg <sup>-1</sup>					
P11 – Leptosol Oxiaquic (67 m)	60	2,4	10 YR 4/1	59	10	16	14	SL	7,1	27,7			11,2	2,9	0,0	0,9	15,3	15,3	16,1
P12 – Skeletic Leptosol Turbic (92 m)	45	1,5	10 YR 3/3	28	48	16	8	LS	7,9	32,2			4,4	4,1	0,0	1,0	10,6	10,6	11,5
P30 – Skeletic Regosol Gelic (103 m)	50	1,2	10 YR 3/1	28	26	36	10	L	8,0	33,1			5,7	4,6	0,0	0,5	12,0	12,0	12,5
P37 – Skeletic Leptosol Humic Turbic (71 m)	50	1,3	10 YR 2/2	33	25	33	9	SL	7,4	70,1			8,6	6,0	0,0	2,5	15,7	15,7	18,2
<i>Solos com padrão em plataforma de abrasão (4)</i>	50-12	1,4-34	-	31-40	25-56	25-42	10-27	-	7,6-5	32-48			7-40	4-30	0-	0,9-74	14-19	14-19	14-21
P2 – Skeletic Leptosol Humic (188 m)	30	2,3	10 YR 2/2	47	20	19	14	SL	7,0	20,0			4,5	3,1	0,0	3,5	9,5	9,5	13,0
P4 – Lithic Leptosol Gelic (78 m)	48	2	10 YR 3/3	49	12	24	15	SL	6,7	69,0			5,8	5,1	0,4	6,7	12,4	12,8	19,1
P5 – Histic Leptosol Gelic Turbic (35 m)	30	4,2	10 YR 5/1	28	18	31	24	L	5,5	34,1			4,2	2,0	2,1	12,5	7,3	9,4	19,8
P6 – Turbic Cryosol (45 m)	70	0,7	7,5 YR 4/2	48	12	26	15	SCL	6,0	114,0			2,1	2,0	0,5	10,6	5,2	5,7	15,8
P7 – Skeletic Leptosol Humic (85 m)	40	3	10 YR 2/1	44	26	17	13	SL	6,9	20,8			2,0	2,3	0,0	5,3	6,0	6,1	11,3
P10 – Lithic Leptosol Gelic (70 m)	30	4	10 YR 4/1	44	10	23	23	SCL	7,0	67,9			9,3	5,2	0,0	2,3	16,0	16,0	18,3
P14 – Leptic Sodic Regosol Humic (20 m)	80	4,4	7,5 YR 2/2	66	10	9	15	SCL	6,3	101,3			5,6	1,9	0,1	2,8	9,6	9,7	12,4
P16 – Leptic Regosol Humic (10 m)	40	0,8	7,5 YR 2,5/2	7	3	2	2	SL	1,6	5,8			1,3	1,2	1,0	1,8	1,6	1,6	2,4
P18 – Dystric Leptosol Humic Sodic (10 m)	40	3,1	10 YR 3/4	60	10	14	16	SL	5,4	80,6			2,0	0,8	1,5	9,8	4,0	5,6	13,8
P26 – Leptic Regosol Turbic (23 m)	110	2,8	10 YR 4/4	14	7	34	45	C	4,3	5,9			7,4	1,8	10,4	35,4	10,1	20,5	45,5
P35 – Skeletic Leptosol Gelic (79 m)	12	5,6	7,5 YR 2,5/1	61	16	19	4	LS	7,8	12,6			12,9	6,7	0,0	0,5	23,1	23,1	23,6
P38 – Skeletic Leptosol Humic (132 m)	30	4,9	10 YR 2/1	45	26	20	10	SL	6,8	11,3			1,7	1,7	0,0	4,3	4,5	4,5	8,8
<i>Solos rasos e profundos não ornitogênicos (12)</i>	40-58	3-48	-	46-41	12-51	19-44	15-68	-	7-27	27-86			4-72	2-65	0,2-219	5-118	8-65	10-63	15-62
P 1 - Skeletic Leptosol Gelic Ornithic Stagnic (128 m)	30	3,5	10 YR 3/2	33	22	34	11	SL	7	179			5	2	0	5	9	9	13,2
P3 – Skeletic Dystrc Histosol Ornithic Turbic (28 m)	100	3	7,5 YR 2,5/1	65	14	11	10	LS	5,0	241,2			0,5	0,1	1,7	13,7	1,6	3,3	15,4
P8 – Turbic Leptic Cryosol Humic Ornithic (14 m)	90	0,7	7,5 YR 2,5/3	43	19	18	20	S	5,1	81,9			0,5	0,3	0,8	15,7	2,7	3,4	18,3
P13 – Skeletic Umbric Leptosol Ornithic (5 m)	20	5	10 YR 2/1	67	8	10	16	SL	6,0	148,1			5,6	6,6	1,3	11,0	15,1	16,5	26,1
P15 – Skeletic Umbric Leptosol Ornithic (68 m)	15	4,5	7,5 YR 2,5/3	63	12	13	12	SL	4,7	284,9			2,9	3,3	4,9	28,0	9,5	14,4	37,5
P17 – Stagnic Sodic Regosol Ornithic (10 m)	60	3,4	10 YR 2/2	73	4	14	10	SL	5,1	172,3			0,6	0,2	3,0	13,0	2,3	5,3	15,3
P19 – Skeletic Leptosol Ornithic (10 m)	20	4,5	7,5 YR 2,5/2	71	9	10	11	SL	5,3	282,2			0,7	0,3	1,3	13,7	2,3	3,6	15,9

P21 – Lithic Leptosol Ornithic (28 m)	20	3,8	7,5 YR 2,5/2	64	10	20	7	SL	6,1	139,9	2,5	1,8	0,3	8,4	5,9	6,2	14,3
P22 – Lithic Leptosol Ornithic Sodic (6 m)	12	3,8	10 YR 2/2	79	3	5	13	SL	4,9	252,8	1,7	1,1	0,5	12,6	6,9	7,4	19,5
P23 – Lithic Leptosol Ornithic Sodic (4 m)	20	3,3	10 YR 2/1	81	2	5	12	LS	5,1	479,5	2,0	0,9	0,2	10,8	6,0	16,8	0,0
P24 – Leptic Sodic Regosol Ornithic (2 m)	35	4,3	7,5 YR 2,5/1	76	7	11	5	SL	6,9	86,3	13,8	1,7	0,7	5,1	18,3	19,0	23,3
P25 – Leptic Sodic Regosol Ornithic (1 m)	45	4,9	7,5 YR 2,5/2	77	6	11	6	SL	7,5	85,2	13,6	2,3	0,0	0,8	20,4	20,4	21,1
P27 – Dystric Leptosol Humic Ornithic (46 m)	40	0,4	7,5 YR 2,5/3	55	19	13	13	SL	5,0	112,2	1,2	0,9	1,8	13,8	2,8	4,7	16,6
P28 – Dystric Leptosol Humic Ornithic Sodic (32 m)	40	2,7	7,5 YR 4/3	53	14	15	18	SL	5,2	615,7	4,7	2,4	2,9	22,2	9,3	12,1	31,5
P29 – Dystric Leptosol Humic Ornithic Sodic (34 m)	50	3,7	7,5 YR 3/3	56	10	20	15	SCL	4,2	1301,2	1,7	0,4	2,1	37,2	5,8	7,9	42,9
P31 – Leptic Skeletic Regosol Ornithic (130 m)	40	2,7	10 YR 2/2	36	21	29	14	L	7,2	394,4	5,6	3,8	0,0	3,9	10,6	10,6	14,5
P32 – Eutric Leptosol Humic Ornithic Sodic (14 m)	30	3,4	10 YR 2/2	36	13	22	29	CL	7,0	242,8	11,3	1,9	0,0	2,0	14,4	14,4	16,4
P33 – Lithic Leptosol Gelic Ornithic (45 m)	13	7,2	10 YR 3/1	55	11	17	18	SL	7,1	25,4	10,4	10,7	0,0	1,6	25,5	25,6	27,1
P34 – Skeletic Leptosol Gelic Ornithic (40 m)	20	3,5	10 YR 5/4	63	9	14	14	SL	4,5	2431,4	3,0	0,7	2,1	21,3	6,7	7,4	27,9
<i>Solos rasos e profundos ornitogênicos(19)</i>	30-67	3-42	-	63-24	9-53	14-48	13-40	-	5-18	241-143	3-96	2-120	0,7-106	12-75	7-73	9-59	18-47
P9 – Regosol Gelistagnic (3 m)	70	3	10 YR 3/3	83	3	6	8	LS	6,1	42,1	1,1	1,3	1,2	7,6	7,4	8,6	15,0
P20 – Sodic Regosol Gelic (2 m)	80	3,3	7,5 YR 2,5/1	80	9	4	7	LS	5,4	167,4	1,4	1,7	0,4	4,8	12,8	13,2	17,5
P36 – Leptic Regosol (4 m)	60	1,9	7,5 YR 2,5/3	82	8	6	4	LS	6,6	52,9	2,6	2,2	0,1	3,1	7,8	7,9	10,9
<i>Solos arenosos eutróficos de praias(3)</i>	70-15	3-27	-	82-2	8-51	6-25	7-34	-	6-9	53-79	1-46	2-27	0,4-102	5-44	8-31	9-29	15-23

(a) Horizonte mais profundo; (b) horizonte diagnóstico; (c) C/ Clay; L/ Loam; LS/ Loamy Sand; S/ Sand; SL/ Sandy loam; SCL/ Sandy Clay loam.

Baseado em características morfológicas, físicas e químicas, foram identificados três grupos principais de solos na Península Byers: solos com padrão desenvolvidos em platôs; solos ornitogênicos e não ornitogênicos em planícies e terraços marinhos; solos sódicos e arenosos desenvolvidos em praias.

Os solos com intensa crioturbação e formação de padrões são encontrados na porção mais alta da paisagem (acima de 70 m de altitude), nas plataformas de abrasão que foram planaltos residuais à ação dos agentes morfogenéticos. Esses solos possuem valores de pH acima de 7,0, possuem textura franca, profundos, eutróficos e não registram atividade de avifauna. O elevado valor de P-rem sugere ausência de minerais de baixa cristalinidade na fração argila.

Os solos desenvolvidos sobre os terraços marinhos soerguidos e as planícies flúvio-glaciais são profundos ou rasos, de textura franca e com graus diferentes de nidificação. Os solos ornitogênicos possuem fósforo extraível com Mellich-1 (PM) acima de 100 mg kg<sup>-1</sup> e textura franca ou arenosa. Os valores de pH, eutrofia, profundidade e altitude são variáveis. Todos os perfis com registro de ornitogênese acima de 20 m foram identificados no campo como paleoninhais soerguidos como resposta isostática ao recuo da geleira. Os solos não ornitogênicos possuem pH alcalino, teor de PM próximo a 50 mg kg<sup>-1</sup>, alto P-rem e são predominantemente eutróficos.

As praias representam 19 % da área da Península Byers e apresentam extensões cordões arenosos e cascalhentos. Os solos desenvolvidos nessa feição são arenosos, sódicos, eutróficos e não registram nidificação.

Duas componentes principais explicaram 67 % da variância (Figura 6.a). PCs com valores de eigenvalues abaixo de 1,0 representam pouco a diversidade geoquímica e de características dos dados, sendo desconsiderados nas interpretações seguintes (Wackernagel, 2003; McKillup and Dyar, 2010).

O primeiro componente (PC1) explicou 46,4 % da variância total dos dados. PC1 é composto principalmente por variáveis originais que expressam a nidificação dos solos, que são  $P_M$ , H+Al e P-rem. O segundo componente (PC2) explicou 20,4 % da variância total, e é composto principalmente por variáveis originais que expressam o estágio de intemperismo, que são o teor de argila (Cp) e pH (Figura 3.a). O diagrama PC1 X PC2 mostra também a distinção entre solos ornitogênicos (Oc) e solos não ornitogênicos (No) (Figura 6.b).

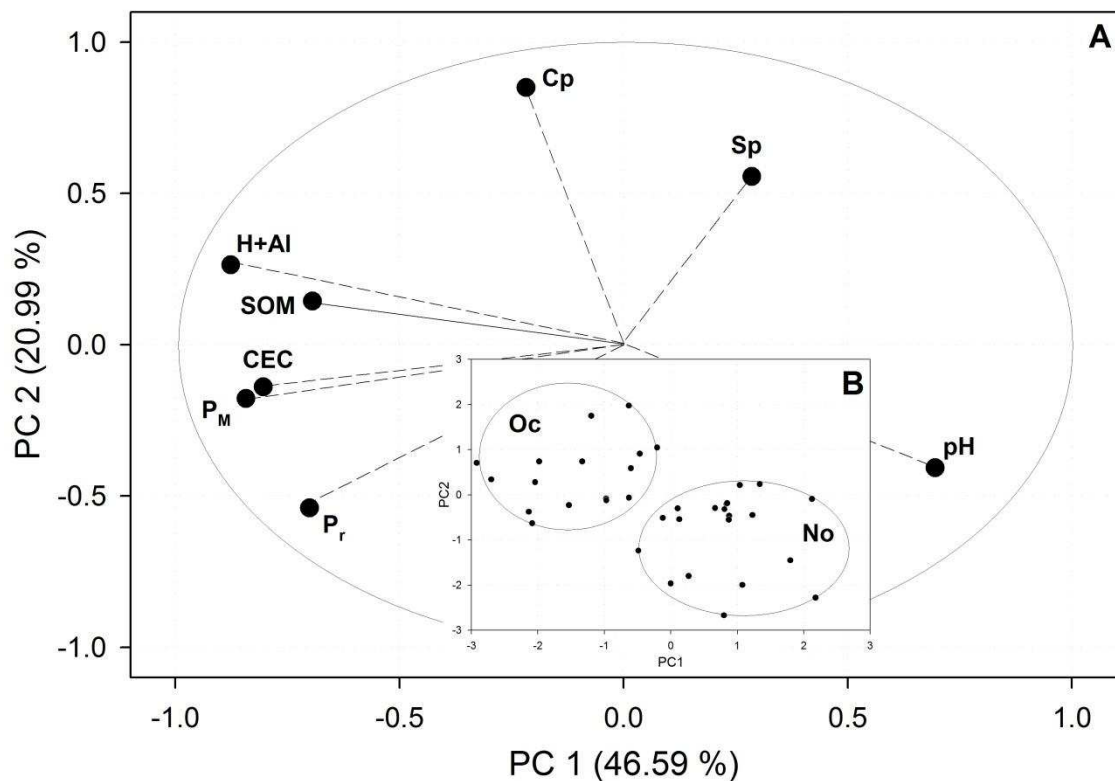


Figura 7. (a) Projection of the variables on the factor plane PC1  $\times$  PC2. (b) Projection of the cases on the factor plane PC1  $\times$  PC2.

Os solos criogênicos são típicos das áreas subpolares e polares do globo, sendo encontrados tanto em altas latitudes quanto em altas montanhas, ocupando cerca de 1/4 da superfície terrestre. E compreendendo todos os continentes, exceto a Austrália. Na Antártica são encontrados de forma generalizada nas áreas livre de gelo e apresentam grande variabilidade química e morfológica (Campbell e Claridge, 1987; Ugolini e Bockheim, 2008),

fruto de materiais de origem extremamente diversificados e dos processos geomorfológicos e biológicos atuantes.

Os solos de áreas glaciais e periglaciais têm sua formação nas áreas onde a cobertura de neve e gelo recuou, expondo os substratos. Recebe influência do material de origem presente na área de elementos da flora e fauna local. Em termos climáticos, as baixas temperaturas e a presença de horizonte subsuperficial congelado (permafrost) contribuem para manter as taxas de intemperismo em níveis baixos. Outro elemento importante que influencia os solos regionais é a proximidade com o mar (maritimidade), recebendo forte influência de Na presente nos sprays marinhos, associados à lixiviação resultante da relativa aridez regional.

Os ciclos de congelamento e descongelamento da camada superficial e a temperatura abaixo de zero do subsolo acarretam as condições específicas que caracterizam os Criossolos (BEYER e BOLTER, 2000), cuja definição é baseada em três características típicas, associadas com processos criogênicos (FAO, 2007):

- a presença de uma camada de cimento de gelo (permafrost) dentro do solum;
- saturação sazonal com água; e
- ausência de horizontes pedogeneticamente evoluídos.

A camada de gelo cimentante é geralmente encontrada entre 20 e 100 cm da superfície do solo durante o período máximo de degelo no verão. A presença de gelo reduz a capacidade de drenagem e promove condições hidromórficas no solo durante o período de descongelamento, quando a massa de solo (camada ativa) fica saturada; quando localizada em terreno declivoso, favorece o processo de solifluxão.

A falta de uma ação intensiva dos processos criogênicos, definidos como processos que ocorrem no solo com temperatura abaixo de zero e que são condicionados pelas mudanças da fase sólida para líquida da água do solo nos solos da Antártica Marítima se deve à descontinuidade do permafrost.

Todavia, as pequenas áreas livres de gelo da costa da Península Antártica, e de suas ilhas, restringem a pesquisa dos componentes de seus ecossistemas terrestres a fragmentos dispersos e, na maioria das vezes, distantes entre si. Na península de Byers, na Ilha de Livingston extremo sul do arquipélago das Shetlands do Sul, tem-se uma extensa paisagem livre de gelo em que os solos se desenvolvem a partir do material disponibilizado pelo intenso intemperismo físico das rochas existentes e do material orgânico deixado pelos animais presentes (pinguins, petréis, elefantes marinhos, dentre outros). A península é a maior área livre de gelo da Antártica Marítima, cuja origem remonta ao Holoceno.

Assim, o início do monitoramento do desenvolvimento do perfil de solos criogênicos, ou Criossolos (ISSS-WRB, 2007), é um bom indicador de elevação regional da temperatura e do aporte de umidade no ambiente já que podem sofrer variações rápidas das condições climáticas na camada ativa e no permafrost.

## 5.5 - Feições Periglaciais e Geoambientes

### **Solos Ordenados e Poligonais**

Para ilustrar a dinâmica periglacial típica dos solos poligonais, foram utilizados alguns dados preliminares obtidos por Francelino et al. (2009), pode-se observar a diferença entre as temperaturas no centro e na borda dos polígonos, que são menores na borda. Neste período curto do auge do verão, o permafrost permaneceu com temperaturas próximas ou abaixo de 0 oC por mais tempo na borda, e todas as temperaturas registradas nas diferentes profundidades são menores na borda (Figura 7). Esse efeito pode ser resultado da presença de fragmentos mais grosseiros nessa faixa, que promovem efeito insulante. Essas faixas se formam gradativamente, em áreas de antigos felsenmmer e sob relevo preferencialmente plano.

No processo de evolução destas formas, inicialmente são selecionados os fragmentos mais grosseiros, excluindo os sedimentos finos. As frações mais finas resultante do intemperismo do material passam a se acumular na zona central, que colapsa e apresenta maior condutividade térmica, aprofundando a camada ativa e expandindo e empurrando as partes mais grosseiras progressivamente para fora. Quanto maior a quantidade de sedimentos finos na parte central, maior é a sua expansibilidade quando se congela. Quando essas bordas se encontram mediante a expansibilidade do centro do polígono vizinho, ocorre a elevação da borda em relação ao centro. Como resultado das temperaturas mais elevadas no centro desses polígonos, o derretimento da neve primeiramente ocorre nessa zona permitindo o transporte de sedimentos em pequenas distâncias para o centro do polígono pelo colapso e aprofundamento da camada ativa e do permafrost. Já o limite inferior do material grosseiro da borda dos polígonos é o limite médio superior do permafrost.

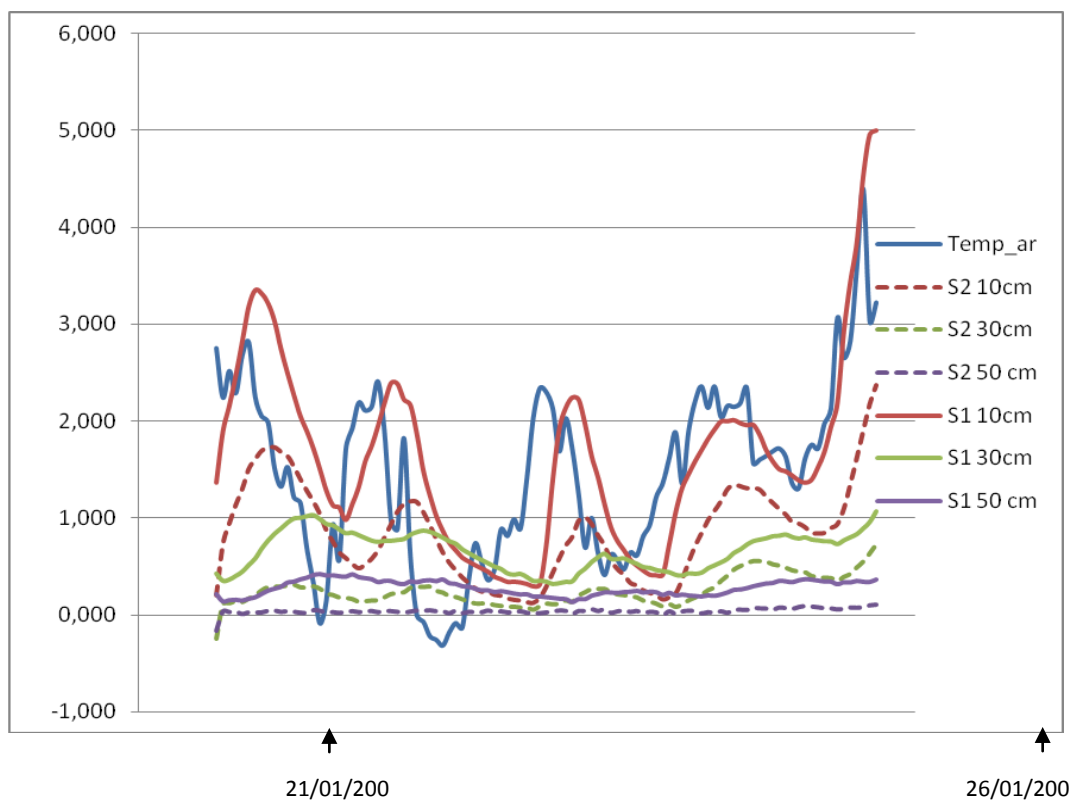


Figura 8: Dados de temperatura do solo obtidos por Francelino et al. (2009) entre 21 e 26 de Janeiro, no centro do solo poligonal. As linhas tracejadas referem-se à borda do polígono.

São superfícies que possuem um padrão ordenado, repetitivo, normalmente em ambientes de maior estabilidade. São microformas de aspecto circular, poligonal ou bandeado (French, 1996), e se desenvolvem em todas as regiões frias onde há ação periglacial. Sua gênese está relacionada aos ciclos de congelamento/descongelamento, declividade e comportamento do permafrost.

Em Byers, há a ocorrência das mais extensas superfícies com solos ordenados (com padrões) e, destacadamente, de solos poligonais. Os solos ordenados são gerados na camada ativa do solo acima do permafrost e se classificam segundo a proposta de Washburn (1956), por sua forma geométrica em círculos, polígonos, redes e faixas. Para cada uma destas microformas há diferentes processos de seleção das partículas do solo. Os círculos, polígonos e redes se desenvolvem fundamentalmente sobre superfícies horizontais. À medida que a declividade da encosta vai aumentando (20 a 7°) as formas mais alongadas se convertem em faixas (Sharpe, 1938, Budel, 1960, French 1996).

Os círculos têm dimensões compreendidas entre 0,5 e 3m. Os solos têm um alto conteúdo de material fino na sua parte central e nas bordas são circulados por pedras. Os processos mais importantes quanto à sua gênese são: levantamento diferencial e deslocamento de massas (crioturbação) (Washburn, 1956, 1979; Jahn, 1975; French 1996).

Em Byers há a ocorrência das mais extensas superfícies com solos ordenados (com padrões) e, destacadamente, de solos poligonais (Figura 8). No caso dos solos poligonais, diferenciam-se dois tipos básicos de polígonos, os que têm dimensões inferiores a 1 metro e os superiores a esta medida (Washburn, 1979). Os polígonos pequenos podem ter como mínimo até 5 cm de diâmetro e os grandes alcançam dimensões que podem superar os 100m. Desenvolvem-se sobre partículas de diversos tamanhos e a vegetação, quando presente, se concentra em suas bordas, enfatizando sua forma poligonal. Os polígonos de

cunha de gelo têm na borda de sua cunha seus limites que são levantadas no período de crescimento (congelamento) e deprimidas em época de descongelamento (Jahn, 1972). As bordas refletem um comportamento contrário. Alguns polígonos podem apresentar formas poligonais de menor tamanho em seu interior. Em sua margem os polígonos apresentam como característica a presença de fragmentos de rocha, que englobam material mais fino. O tamanho mínimo das formas menores é de 10 cm e o máximo supera os 10m. Os clastos diminuem de tamanho com a profundidade se estreitando à medida que se aprofundam (Jahn, 1975). Os polígonos de maior tamanho parecem se produzir por rachaduras de congelamento e as formas menores por rachaduras, dissecação ou dilatação (Washburn, 1979; French 1996).



Figura 9 - Solos Poligonais de ocorrência nas Plataformas de abrasão superiores, abaixo do Cone Chester.

No caso das plataformas de abrasão superiores, acima de 80 metros, encontra-se uma extensa área com desenvolvimento marcante de solos poligonais evidenciando a antiguidade desta feição periglacial na Península Byers. A instabilidade do permafrost pode ser evidenciada pela presença de depressões de termokarst, denotando a tendência de aquecimento atual.

Observa-se em perfis coletados no verão de 2006 que o permafrost sob os solos poligonais era descontínuo, o que indica que são formas-relíquia, ou paleoformas, em processo dinâmico de evolução.

O processo de formação de solos ordenados é relacionado à ciclos de congelamento e descongelamento. Durante os ciclos de congelamento/descongelamento pressões são exercidas em todas as direções, considerando neste caso uma componente vertical, denominada levantamento e outra horizontal conhecida por translação (Eakin, 1916). A ação da primeira é mais importante que a segunda. A magnitude do levantamento tem lugar nas zonas com abundante umidade (descongelamento). São normais valores de levantamento de 1,5cm/ano, ao passo que cifras maiores já foram encontradas (French, 1996). Por outro lado o levantamento aumenta com a profundidade até uns 30 cm e se produz fundamentalmente na parte superior da camada ativa, e na parte inferior seu comportamento está intimamente ligado ao comportamento do congelamento. O levantamento das bordas rodeadas de partículas mais finas é mais freqüente nas áreas periglaciares e os experimentos indicam que as pedras de maior tamanho se movem mais rapidamente para cima do que as pequenas (Corte, 1969, 1971; French, 1996). Fragmentos de rochas de forma tabular se dispõem no canto, e tendem a se situar em um eixo perpendicular a superfície de esfriamento (Schunke, 1974).

## **Solos Estriados**

Este tipo de geoforma é constituído por um conjunto de estrias mais ou menos paralelas a linha de máxima pendente da encosta. As faixas alternam estrias de clastos e de material mais fino. Os tamanhos dos clastos diminuem com a profundidade (até 1m).

Segundo Collard (1973) os polígonos se convertem paulatinamente em estrias como consequência da crioturbação e por movimento de massas, à medida que aumenta a declividade (Furrer, 1968). Sua origem é problemática, pois, são poligenéticos (a atividade de alguns processos podem produzir formas distintas (Washburn, 1979). Tudo indica que apesar da literatura existente, alguns processos específicos associados à sua origem permanecem abertos a interpretações.

No caso da Península de Byers, os campos de solos estriados formam encostas abaixo dos Talus de escombros rochosos com alinhamentos e formas lobadas, crescentes, à medida que as vertentes aumentam a declividade, e os polígonos não são mais estáveis, tornando alongados e dinâmicos. Concorrem no processo ações periglaciais internas, do permafrost associadas à solifluxão em função da declividade. A cobertura vegetal é incipiente, e muitos líquens crustosos mostram a marca do processo erosivo (Figura 9).



Figura 10. Solos estriados da Península Byers.

### **Solos com rachaduras**

Localmente onde há mais aporte de finos, formam-se solos com rachaduras (Figura 10). Ocorrem onde há maior acumulação de siltes, com presença de permafrost. Formam-se por contração térmica, quanto a temperatura dos solos gelados diminuem. Estes se comportam com de forma rígida e com a diminuição da temperatura geram-se fissuras e gretas, que se agrupam em sistemas poligonais de quatro, cinco e seis lados, segundo Lachembruch (1962).



Figura 11 - Solo com rachaduras em áreas hidromórficas nos fundos de vales

### **Encostas Pedregosas**

São constituídos por uma camada superficial de fragmentos rochosos, blocos arredondados ou angulosos misturados de forma caótica à matriz siltosa, sendo os clastos dispostos ou acomodados de forma horizontal, no que se diferenciam das superfícies mais rugosas e ásperas dos felsenmeer.

Formados tanto por gelifluxão lenta ou solifluxão. Ocupa a maior parte das feições periglaciais mapeadas em Byers, podendo apresentar localmente hidromorfismo variável. A dinâmica sazonal da camada ativa nessas geofomas é extrema, como resultado da intensa mobilização do solo vertente abaixo. Formam amplos segmentos que conectam as plataformas superiores aos níveis mais baixos da paisagem (Figura 11).

Nas áreas de maior declividade das encostas pedregosas, Martinez de Pison et al. (1996) distinguem superfícies ou camadas de gelifluxão como uma geofoma especial,

onde a velocidade do fluxo são maiores, com fortes ondulações e diferenças altimétricas mais pronunciadas.

Para efeito de mapeamento, todas estas geoformas foram consideradas como amostras pedregosas, basicamente relacionadas à geli e solifluxão. As encostas pedregosas correspondem aos mantos de clastos superficiais em diferentes graus de crioturbação, às vezes formando solos fracamente estriados ou sem cobertura vegetal. Nos primeiros, a vegetação de líquens e briófitas se encontra em processo de erosão e movimentação encosta abaixo, durante o degelo nival. As encostas pedregosas podem ocorrer em diferentes litologias. Nos tufos ocorrem grandes lascas angulosas e chatas, quase laminares, com fraca cobertura liquênica. Nos basaltos, os fragmentos têm tamanhos dependentes do grau de fraturamento: lavas colunares produzem fragmentos em forma grosseiramente paralelepípeda; lavas em almofadas produzem bloquinhos menores, arredondados; níveis de lahar e brechas produzem fragmentos subangulares e escuros, às vezes avermelhados/violáceos.



Figura 12 - Encostas pedregosas, com manto de clastos superficiais

### **Mantos de Clastos superficiais (scree slopes)**

Constituindo a unidade geomorfológica mais comum na Península (Figura 12), os mantos de clastos superficiais possuem diferentes graus de crioturbação, as vezes formando solos estriados (stone stripes) ou com rara cobertura vegetal. Ocorrem em relevo suave ondulado onde o processo de erosão por solifluxão e movimentação de massa é ativo durante o período de degelo. Essa geofoma ocorre em diversas litologias, mas predominam em tufos vulcânicos, onde tendem a formar lascas laminares (Ellis-Evans 1996).



Figura 13 – Manto de Clastos em trânsito descendente pela gelifluxão ativa, sobre encosta de material sedimentar marinho misturado a tufos. A vegetação forma uma distribuição alinhada em faixas conforme a declividade, nas plataformas superiores.

### **Fluxos de lama**

Consistem na movimentação de material dentro da camada ativa como consequência da ação do congelamento/descongelamento (Figura 13). Os movimentos se dão preferencialmente na vertical, mas os laterais podem existir. A pressão criostática tem sido apontada como a causa principal deste movimento (Washburn, 1956; French, 1996;

López Martínez, 1996). Estas pressões são a causa fundamental da origem das crioturbações e feições periglaciais (Sharp, 1942b). Estas são estruturas caóticas, formadas a partir de materiais de diferentes tamanhos e resistência, a partir do congelamento e descongelamento do solo.



Figura 14 - Pavimentos de nivação, formados na base das encostas pedregosas côncavas, onde há ampla provisão de materiais clásticos misturados com silte.

### **Felsenmeer**

São áreas onde as rochas aflorantes, principalmente rochas ígneas vulcânicas basálticas, como plugs, sills e derrames, se encontram fortemente gelifaturadas, com forte contribuição de ciclos de congelamento e descongelamento da água presente nas rochas (clioclastia) (Figura 14). É área de morfogênese periglacial, onde o intemperismo físico *in situ*, é dominante.

A rocha completamente esfacelada e quebrada se acumula à superfície, e representa um terreno propício à cobertura de líquens crostosos e fruticulosas, além de musgos, que ocupam as reentrâncias mais úmidas. O fraturamento físico pode ser laminar,

em pontas ou blocos, concêntricos, piramidais, etc, obedecendo ao padrão de fraturamento das rochas.

São plataformas ou bancos de rochas derivadas de fenômenos crioclásticos, pelo forte intemperismo físico pós-glacial. Segundo Francelino et al. (2010), o conceito de *felsenmeer* adotado foi modificado para incluir áreas com pequenas declividades e transporte de curta distância, porém com fragmentação primordialmente *in situ*. A maioria dos *felsenmeer* são aplainados em terrenos elevados, estando presentes nas superfícies estruturais, onde podem se desenvolver solos poligonais incipientes. A desintegração física origina fragmentos de tamanhos diversos, em função de intensidade de fraturas e juntas.

A decomposição física da rocha por gelifracção é o processo de meteorização mais importante nas zonas periglaciais. Também se denomina crioclastia ou gelivação. A crioclastia é determinante para o fracionamento dos afloramentos rochosos nas Shetlands do Sul, dada a existência de ciclos de gelo-degelo suficientes para romper o substrato. De acordo com Serrano & López-Martínez (1998), a desagregação física produz uma paisagem periglacial pedregosa com extensos *felsenmeer* nas pendentes de menor declive e afloramentos de rocha grandes em terraços de crioplanação ou dispersos.

O congelamento da água aumenta seu volume em aproximadamente 9% e a rocha se rompe quando sua resistência a esta tensão é superada. Se a água se congela em espaços confinados ela exerce uma grande pressão sobre a rocha onde está encaixada (Ollier, 1975). Esta desintegração pode gerar fragmentos de tamanhos diversos. A contínua produção de fragmentos traz consigo uma desintegração da parede da rocha, que segundo experiências de campo pode variar de 0,3 mm/ano (Jahn, 1976) a 2,5mm/ano (Barsch, 1977a). Outro aspecto a ser considerado é o tipo de rocha, sua estrutura e porosidade, ciclos de congelamento/descongelamento e seu tempo de ocorrência (French,

1996). Na base de áreas de felsenmeer, onde há muita queda de blocos, formam-se tálus, como o ilustrado na figura seguinte e discutido a seguir.



Figura 15. Campo de felsenmeer fracamente vegetado, sugerindo ambiente de deserto polar no interior elevada península, sob forte crioplanção e erosão eólica.

### **Tálus**

São geoformas muito frequentes que circundam os grandes cerros vulcânicos basálticos, ou formam franjas nas escarpas estruturais da península (Figura 16). São caracterizados pela presença de grandes fragmentos angulosos de rochas ígneas, em ambiente bem drenado e decorrente da presença de material grosseiro, exposição aos ventos e declividade acentuada, o que confere forte dinâmica erosiva à feição.

São parcialmente formados por deslizamentos de rochas (rockslides) de grandes proporções (Etzelmuller et al., 2003), que podem ser decorrentes de instabilidade do permafrost de rocha. Onde existe proteção e umidade maior, alguns vegetais conseguem colonizar os tálus mais recentes, onde há solo mais estável. Ocorrem envolvendo

principalmente o cinturão de afloramentos de residuais vulcânicos em forma de cones rochosos basálticos. Os mais imponentes talus em Byers ocorrem encontrados na face norte e oeste de Sealers Hill e no promontório Ray, onde escarpas basálticas sofrem crioclastia e fornecem os clastos que recobrem plano das praias e terraços.



Figura 16 - Depósitos de Tálus na base do Promontório Ray, recobrimdo parcialmente o terço superior de terraço marinho soerguido. Litologia de brechas vulcânicas pouco consolidadas.

## **Praias**

As praias da Península Byers ocupam 19% de sua área e apresentam extensos cordões arenosos e cascalhentos alternados com faixas de praias com seixos, matacões e erráticos, entremeados de seixos de composição e tamanho diversos, muitos de litologias não ocorrentes em Byers, associados com a presença de areia grossa e média, além de siltes nas depressões mais baixas e de águas calmas (Figura 16). Além das praias atuais, em todos os níveis e terraços, há presença de erráticos estranhos ao substrato da península, oriundos das geleiras próximas ou de icebergs encalhados, dispersos de forma

aleatória nos terraços mais baixos e praias. Uma feição singular e muito expressiva nas praias de Byers é a enorme deposição de algas marinhas gigantes (*Desmarestia*, etc), formando verdadeiras turfeiras algais escuras, estabilizadas pelo constante movimento de elefantes marinhos sobre este nível praial.

A intensidade de soerguimento glacio-isostático pode ser avaliada pela presença de praias subatuais já abandonadas e situadas a cerca de 1,5 m acima da praia atual, com espessa camada de macroalgas.

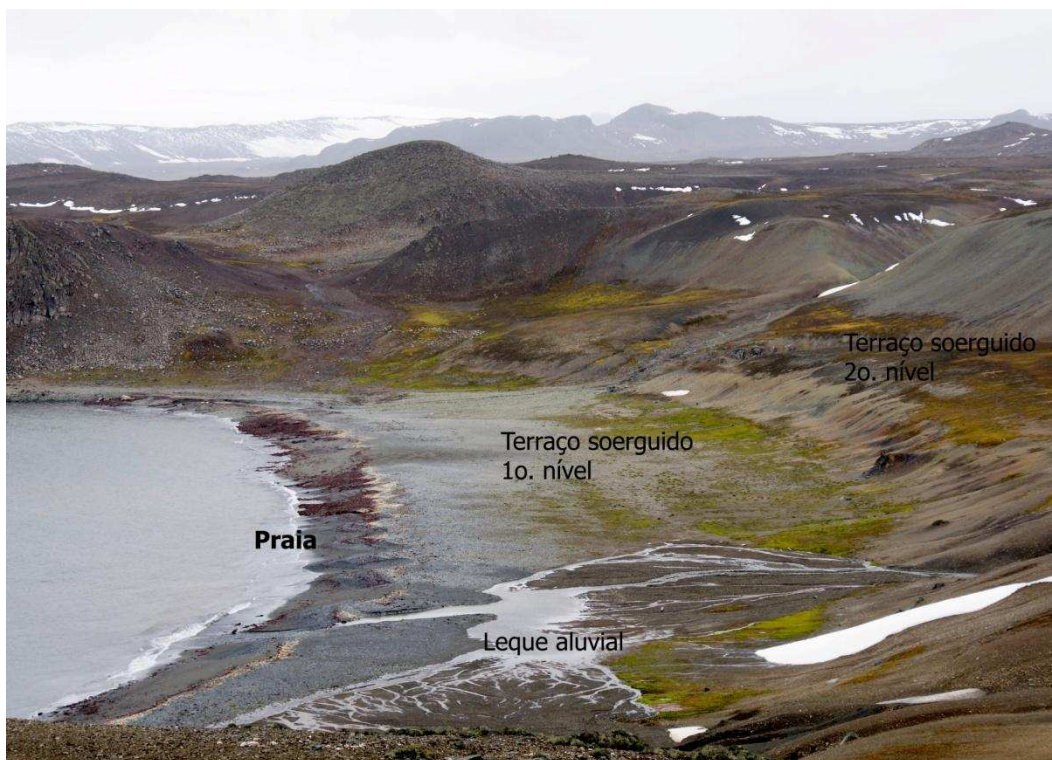


Figura 17 - Praia atual (com grupos de elefantes marinhos) e sucessão de níveis de Terraços marinhos soerguidos, seccionado por leques aluviais que descem de cânions onde canais de drenagem de degelo são oriundos das plataformas de crioplaneação elevadas. Área de costa norte (President Beaches) da Península Byers.

### Planícies fluvioglaciais e Cânions

Em Byers ocorreu sistemas fluviais bem desenvolvidos, com as maiores extensões de canais e lagos de toda a Antártica Marítima. Formam sistemas fluvioglaciais marinhos anastomosados de notável desenvolvimento, em função da extensa planície de terraços

marinhos soerguidos. Nas áreas costeiras de desembocadura de canais de degelo que descem da plataforma mais alta, tem-se a formação de canyons e leques aluviais que despejam e depositam sedimentos oriundos do interior da Península, formando típicas planícies fluvio-glaciais de drenagem anastomosada (Figura 17). Em alguns casos, pequenos depósitos e morainas formam-se na saída destes cânions, indicando a existência de pequenas geleiras de circo em alguns dos vales que rompem a plataforma escarpada. Nas partes mais estáveis dessas planícies, entre os terraços marinhos de segundo nível e as praias, é comum a presença de campos de musgos e coberturas descontínuas de *Deschampsia*. Ocorrem muitos restos esqueléticos de elefantes marinhos e focas e pingüins, além de ossos de baleias enterrados nos sedimentos de terraços, exumados pela erosão fluvio-glacial.



Figura 18 - Planície Flúvio-Glacial alcançando e seccionando os terraços marinhos de seixos indicando forte soerguimento glacio-isostático atual.

### **Terraços marinhos soerguidos**

Na borda oeste da Península Byers, podem ser observados 5 níveis de terraços marinhos soerguidos, três dos quais em geral são facilmente observáveis, escalonados desde a cota de 45 metros, até o nível do mar atual (nestas áreas encontramos depósitos de

algas com mais de 1m de profundidade). Os fragmentos de rochas das morainas e tálus são sub-angulosos. Já o material dos terraços submetido à ação erosiva marinha apresenta aspecto “seixoso”, ainda que existam fragmentos de diferentes ângulos misturados. Nas partes mais altas dos níveis de terraços marinhos soerguidos, há uma cobertura de tálus que descem das escarpas e recobrem parte dos mesmos. Restos de ocupações humanas (foqueiros e caçadores de baleias) são comuns nos níveis mais altos dos terraços, próximos das rochas basálticas, que serviram de abrigo provisório.

Os terraços marinhos soerguidos exibem larguras de até 1200m (Figura 14). A estabilidade das bordas dos terraços são mantidas através de cordões de seixos e matacões basálticos (Figura 18). Nas áreas onde ocorre acúmulo de água de degelo, há o desenvolvimento de campos de briófitas, e nas faixas mais frontais e próximas da praia são encontrados tufos de *Deschampsia*, principalmente em áreas com influência de aves.



Figura 19 - Sucessivos níveis de terraços marinhos soerguidos na parte oeste da Península.

### **Plugs Vulcânicos**

Correspondem às feições residuais e resistentes que ocorrem em toda a península, associados às chaminés vulcânicas e condutos de lava, onde a estrutura geológica condiciona maior resistência relativa, com maior massividade dos substratos (Figura 19).

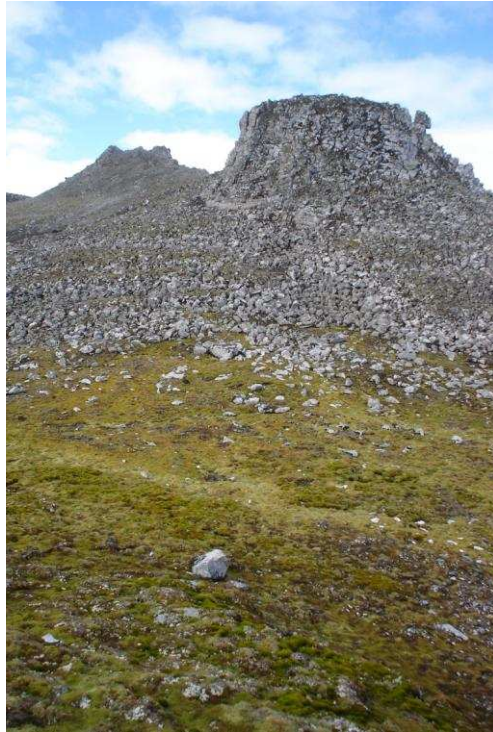


Figura 20 - Plug vulcânico com forte colonização vegetal e fragmentos de rocha como consequência do intenso intemperismo físico.

### **Residuais vulcânicos marinhos soerguidos**

Corpos vulcânicos mais resistentes, submetidos à forte erosão marinha, e hoje incorporados aos terraços marinhos soerguidos onde representam áreas de ninhais de aves (Figura 20).



Figura 21 - Ninhais de aves nas partes mais altas e colonização por elefantes marinhos nas baixas.

## Morainas

Existem grandes morainas laterais e frontais oriundas da geleira do Domo Rotch e algumas feições esparsas no interior da península (Figura 21), derivadas de avanços e recuos de geleiras a partir do Domo Rotch ou de pequenas geleiras de circo, no Holoceno. Tais feições ocorrem na borda leste, na forma de cristas de morainas, não mapeadas pelos espanhóis. Algumas denunciam origem paraglacial sub-recente, indicando a instabilidade climática atual da área (Barsch & Mausbacher, 1986; Mausbacher et al., 1989).



Figura 22 - Remanescentes da Moraina frontal da geleira do Domo Rotch

Morainas colonizadas por vegetação são encontradas em pequena área na praia norte, próximo da moraina frontal da geleira Domo Rotch. É composta por diversos blocos em diferentes tamanhos, na sua maioria de material basáltico, mais existem alguns erráticos, principalmente de granito. Todos estão cobertos por líquens crustosos. A falta de depósitos morainicos mais extensos em Byers (Martinez de Pison et al., 1996) pode ser

atribuído a antiguidade do degelo holocênico em Byers, pois segundo John e Sugden (1971), a península já se encontrava livre de gelo por volta de 9700 anos a.p, embora as datações de turfeiras e lagos apontem para um recuo mais recente (Bjork et al., 1991; Hanson, 1979). As datações devem ser tomadas com cautela, pois podem resultar de fenômenos locais de pulsações de avanços glaciais holocênicos, como indicam Serrano e Lopez-Martinez (1997) para a península Coppermine.

### **Moraina de fundo**

São cristas ou depósitos de fragmentos de rochas transportados por uma geleira ativa resultantes do degelo da base da geleira (Figura 22). Uma das formas mais conhecidas são os mantos de till, também conhecidos como morainas de fundo. Tratam-se de amplas ranhuras cobertas de till, cujo depósito pode ter entre meio a dezenas de metros de superfície (Kemmis, 1981). Cobrem amplas áreas da península. Sua topografia é irregular com afloramentos de rochas e pequenas colinas. Estes depósitos alternam influência glacial e fluvioglaciais (avanço e recuo). A espessura e tipo de material podem indicar as dinâmicas climáticas impostas à região e fornecer subsídios para estudos geológicos. Em Byers o material mais grosseiro depositado foi intensamente trabalhado pelos processos glaciais e periglaciais ao longo dos últimos 10.000 anos de recuo da geleira.



Figura 23 - Moraina de fundo(tills).

### **Plataformas de Crioplanação**

Nas altitudes mais elevadas acima de 80m as condições climáticas rigorosas e forte cobertura nival no inverno condicionam o desenvolvimento de amplas superfícies crioplanadas, com fraca cobertura vegetal, à semelhança de Deserto Polar (Figura 23).



Figura 24 - Plataforma de Crioplanação próximo ao Cone Chester

## **Termokarst**

O desenvolvimento de pequenas depressões formadas da degradação do permafrost formam uma feição comum em meio às plataformas de crioplaneação (Figura 24). Em geral, estão desconectadas da drenagem, embora alguns lagos atuais possam ter sua gênese associada à da ampliação lateral do Termokarst.



Figura 25 - Termokarst próximo ao Cone Chester.

## **Solos Ornitogênicos**

O termo ornitogênico foi descrito originalmente por SYCROETHKOVSKY (1959), em referência a solos orgânicos do continente antártico (TATUR, 1997). Sua gênese e morfologia específicas foram descritas em inúmeras publicações (CAMPBELL & CLARIDGE, 1966; TEDROV & UGOLINI, 1966; MCCRAW, 1967; UGOLINI, 1972; SCHAFFER, et al., 2004; SIMAS, et al., 2003 e 2007).

Esta denominação procura considerar a formação dos solos a partir da deposição dos excrementos de aves presentes no ambiente antártico. Estes solos se caracterizam por especificidades do ponto de vista de sua gênese e morfologia, como por exemplo, a presença de grande quantidade de P, forte acidólise (formação de ácidos fortes – sulfúrico, nítrico e

fosfórico), a partir da decomposição do guano de aves presentes na área (Kuhn, 1997; Simas et al., 2007).

Estes solos se diferenciam dos demais em função de suas características químicas, como pH baixo, elevadas quantidades de P, alta atividade do Al e níveis variados de Ca, Mg e K no complexo de troca (SIMAS, et al. 2003)

A presença em grande quantidade de aves permite juntamente com o recuo da geleira, o desenvolvimento de vegetação em áreas mais distantes da costa, próximo aos ninhais, indicando a importância da fertilização dos solos, propiciando o estabelecimento de comunidades vegetais mais complexas e com maior capacidade de fixação de C.

No bioma antártico (Øvstedal & Lewis-Smith, 2001), solos ornitogênicos estão comumente associados à presença das angiospermas *Deschampsia antarctica* Desv., *Poaceae*, e *Colobanthus quitensis* (Kunth) Bartl., *Cariophyllaceae*, que possuem maior desenvolvimento da camada ativa.

## 5.6 - Micromorfologia

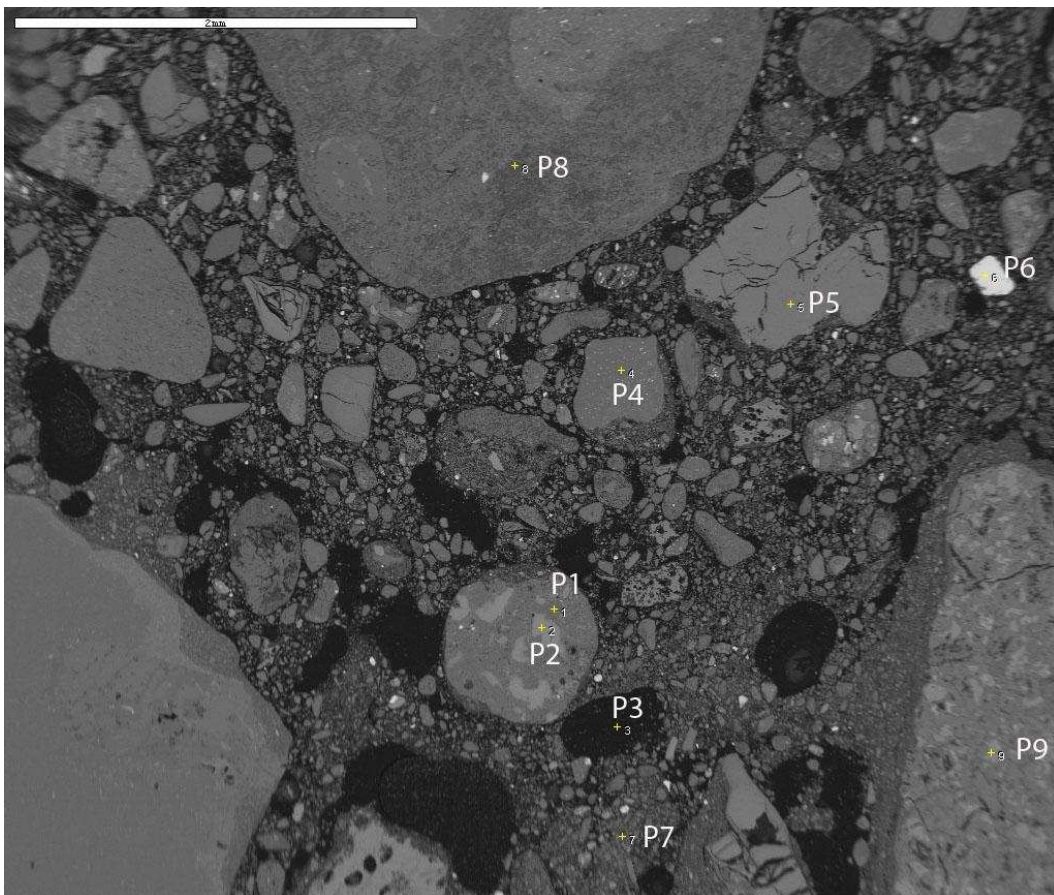
### **P4 – Leptossolo Ornitogênico**

O solo se mostra esquelético, com domínio de frações de tamanho variável, e predomínio da faixa de 0,1 a 0,5 mm, arredondados, além de cascalhos arredondados, crioturbados e fraturados, de diâmetro próximo a 2 mm (Figura 25). A composição dos grãos minerais é predominantemente aluminosa, com minerais cálcicos (Plagioclásios - Ca) em menor proporção e rara calcita; os máficos são raros e mostram-se degradados; há pontuações de ferro ou Fe/Titânio (Ilmenita) dispersos (análises dos pontos P2 e P6 da imagem).

Em relação ao Potássio, o mapa microquímico revela presença de Feldspatos de K degradados (fragmento maior no topo da imagem) e precipitação secundária de potássio na forma de fosfatos de Al/K/Fe como revestimentos (coatings) na superfície do cascalho ou areia,

de forma bifásica (uma fase mais concentrada e outra mais hidratada) (Figura 26). Tal estratificação é visível nas lâminas petrográficas e nas imagens de elétrons secundários.

Minerais cloríticos ricos em Mg e pobres em Fe, também ocorrem, sugerindo contribuição hidrotermal na gênese, corroborando a descrição mineralógica de solos da região realizada por Navas et al, (2008). Zeólitos ricos em Si (ponto central do mapa de silício) tem ocorrência pontual (P9 por exemplo) se detectou quartzo diminuto (ou sílica pouco cristalina) no ponto P3.



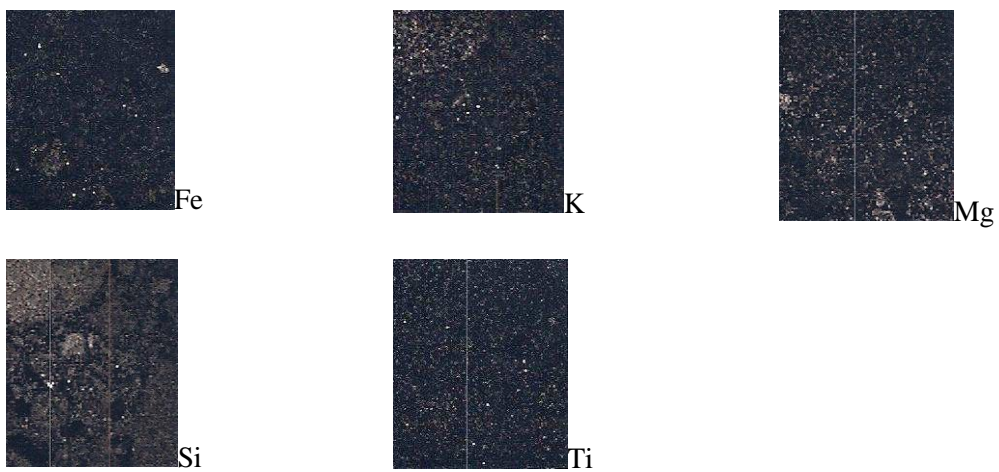
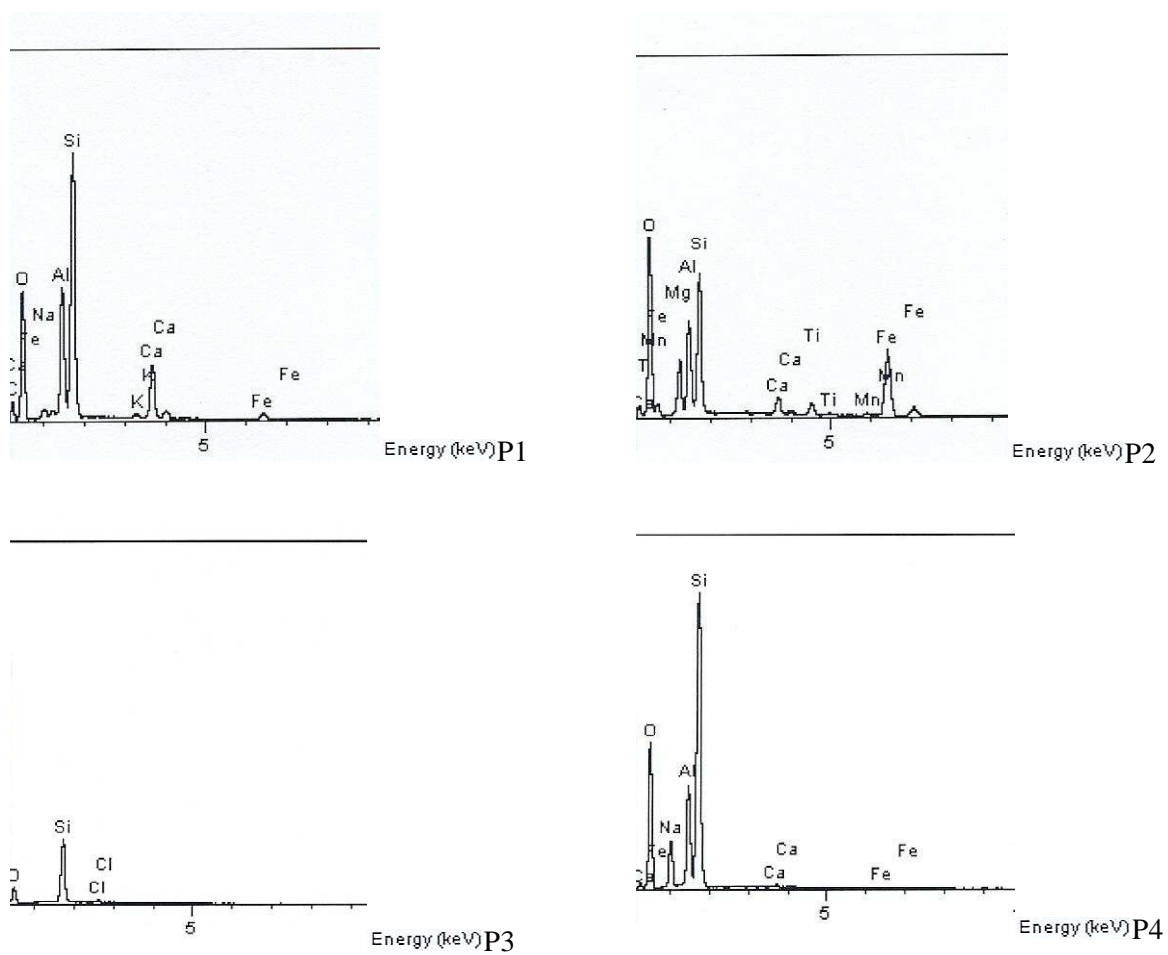
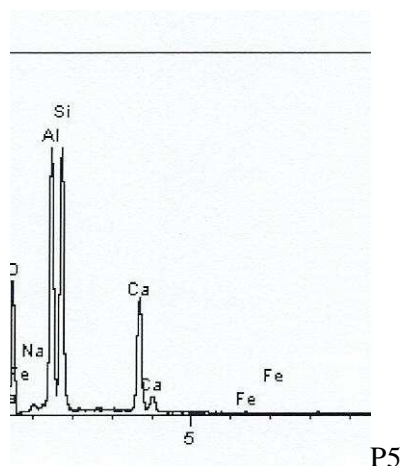
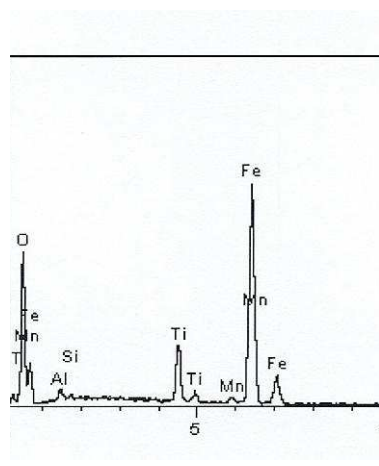


Figura 26 - Imagem de Petroespalhamento eletrônico do P4

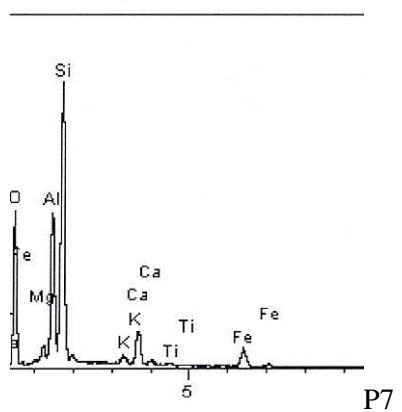




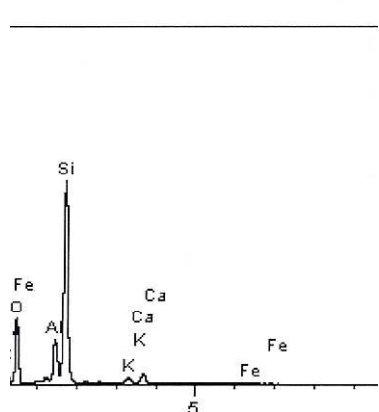
P5



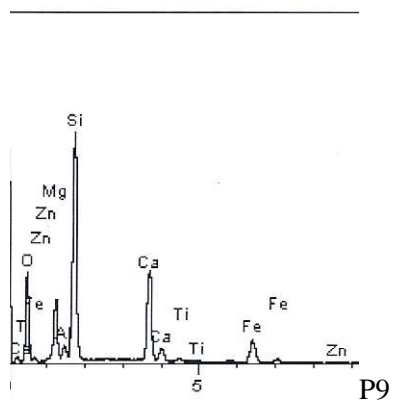
P6



P7



P8



P9

Figura 27 - Mapas Microquímicos e espectros de EDS dos pontos P1 e P9 do P4

## **P6 – Criossolo Ornitogênico Túbico**

Neste solo de antigo ninhal de Pinguim Adélia, são visíveis os fragmentos de tufos vulcânicos explosivos na forma de fragmentos com abundantes vesículas (P4) em meio ao material mais fino e pedoplasmado, de natureza osfática (Figura 27). Os grãos minerais de Feldspato Potássico ou Plagioclásio – Cálcico (análises de P2, P3 e P4) se encontram bem degradados, com destaque para a maior proporção de minerais ricos em Ca na fração areia, como calcita ou apatita (faixa predominante de 0,1 – 1 mm)(análises de P5 e P6). Os fosfatos não mostram tendência a formar revestimentos, mas dominam a fração fina (argila e silte) de forma generalizada. Silicatos de Al/Mg e Plagioclásios Sódicos também ocorrem, fortemente degradados pela fosfatização que atuou na gênese dos solos (Figura 27). Minerais máficos não são comuns e ocorrem muitas pontuações ferruginosas dispersas, algumas associadas à titânio.

A exemplo do que foi apresentado por Navas et al., (2008), os solos da Península Byers possuem expressão de minerais cloríticos ou esmectíticos (mapa de Mg) indicando processos hidrotermais que contribuíram para a cloritização. A uniformização mineralógica pode ser atribuída à erosão periglacial ativa, indicada pelo arredondamento dos grãos, estrutura típica de criogênese (Schaefer et al., 2008).

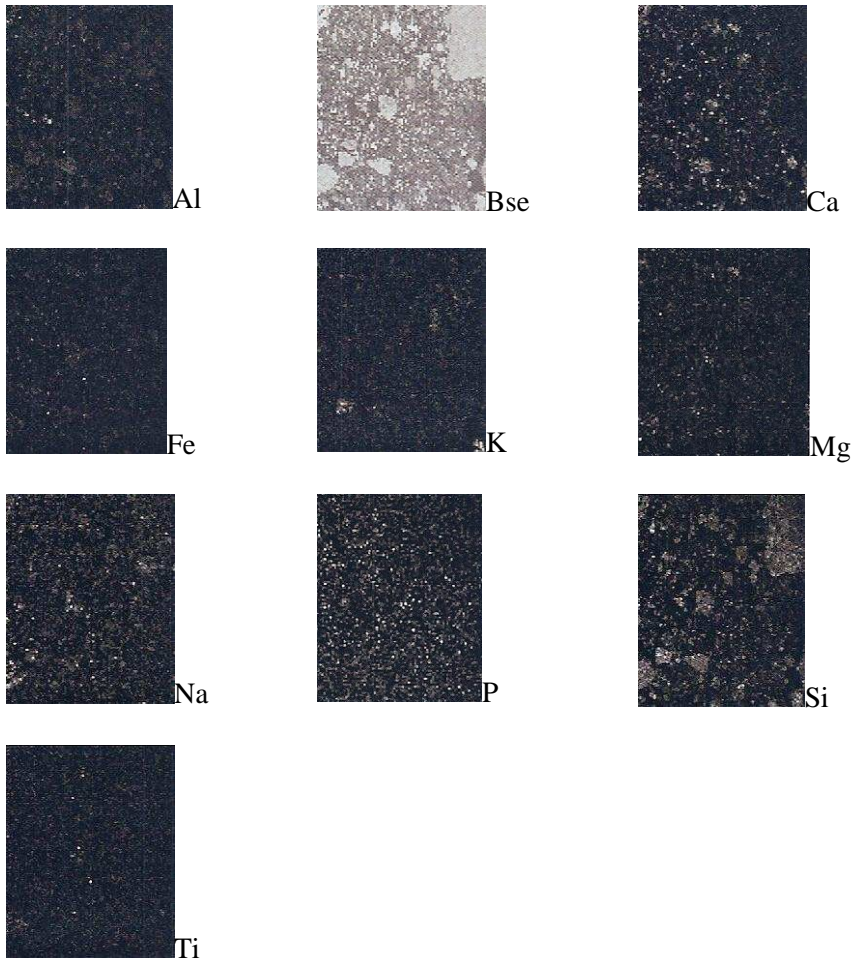
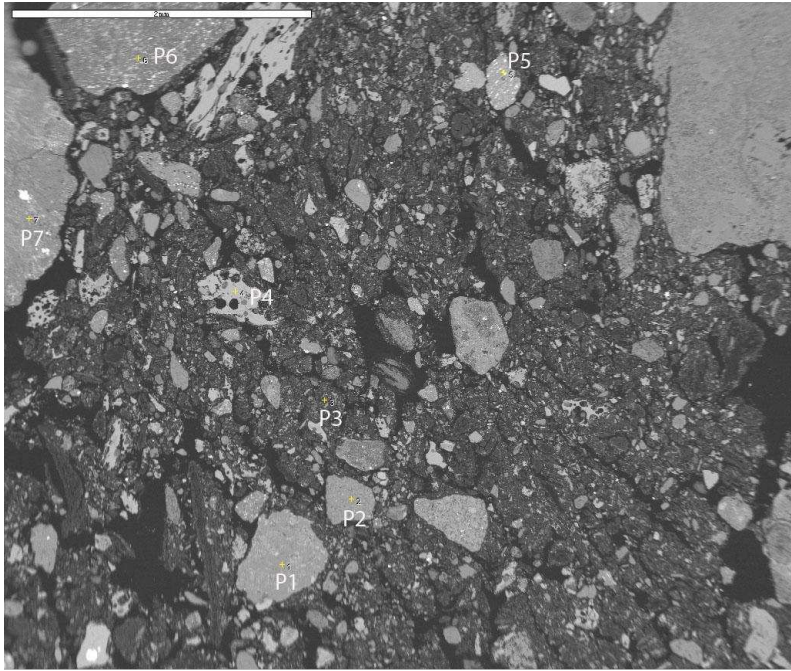
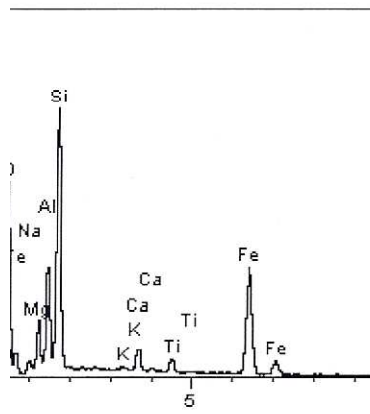
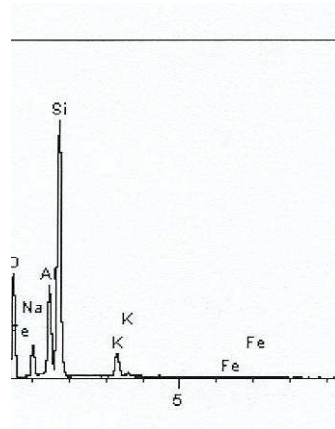


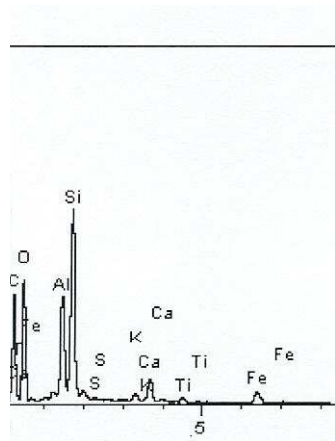
Figura 28 - Imagem de Petroespalhamento eletrônico do P6



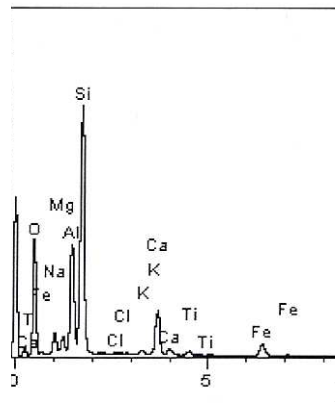
P1



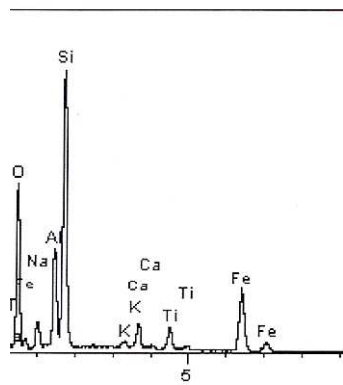
P2



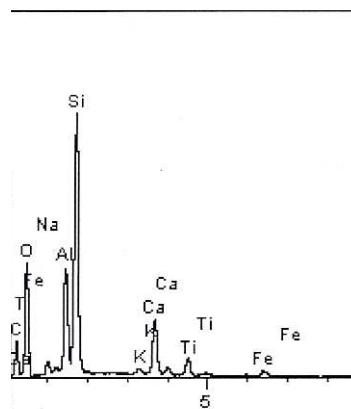
P3



P4



P5



P6

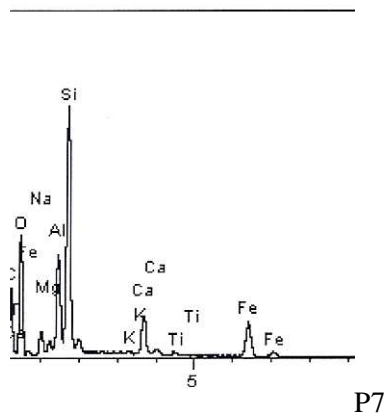


Figura 29 - Mapas Microquímicos e espectros de EDS dos pontos P1 a P7 do P6

### **P7 – Leptossolo esquelético espódico gélido**

A natureza esquelética e fortemente crioturbada de P7 é facilmente observada em lâmina petrográfica, onde se pode verificar a presença de revestimentos orgânicos na superfície dos cascalhos maiores (Figura 28), não visíveis em Microscopia de Varredura Eletrônica – MEV.

Em MEV, além de fragmentos maiores de Feldspatos Potássicos (grãos maiores no topo), cujas análises em P5 e P6 se mostram degradados, há grãos de Plagioclásio cálcico com fenômeno de albitização (substituição de Ca por Na), exemplificando nas análises das zonas em P1 (rica em Na) e P2 (rica em Ca) no mesmo grão, indicando intercrescimento entre as fases sódicas e cálcicas (Figura 29).

Neste solo não ornitogênico, há pouca influência de P, e as poucas pontuações de ferro ou titânio são apenas bem localizadas, denotando o caráter não máfico das rochas de origem do solo. O quartzo também possui ocorrência pontual.

Tal constatação é consistente com a assembléia mineral discutida nos solos da Shetland por Schafer et al (2008), Navas et al (2008), onde não há influência basáltica.

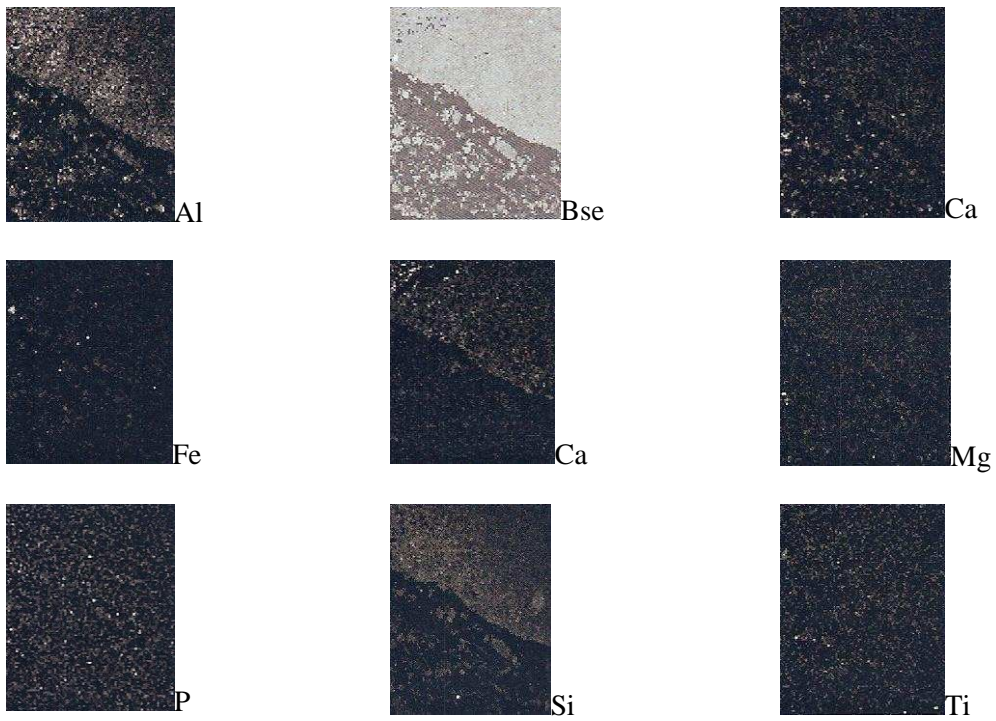
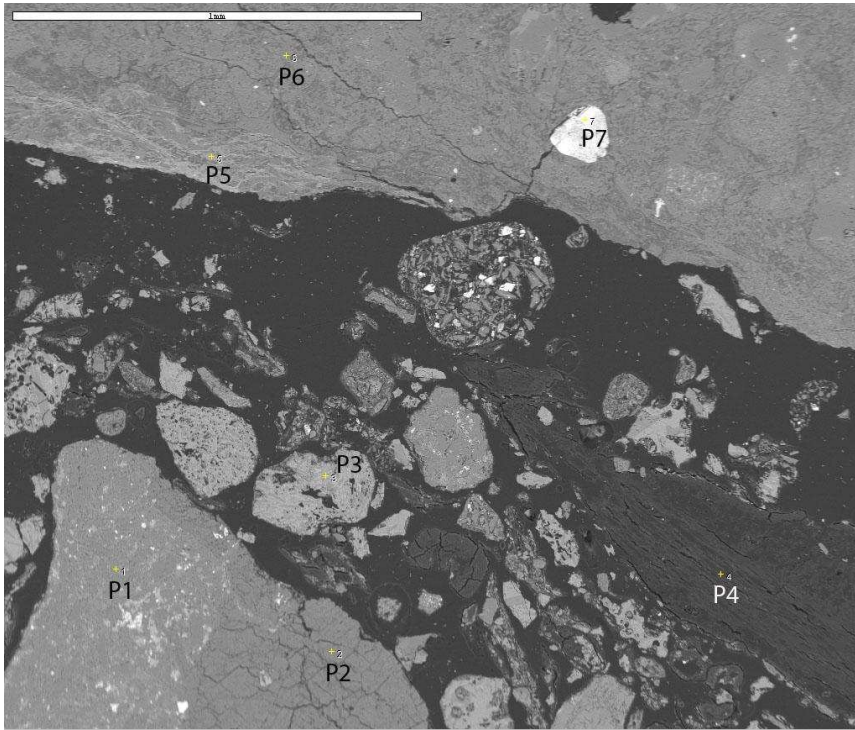
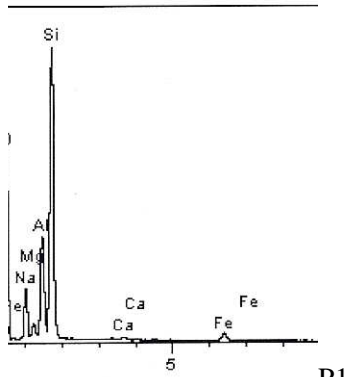
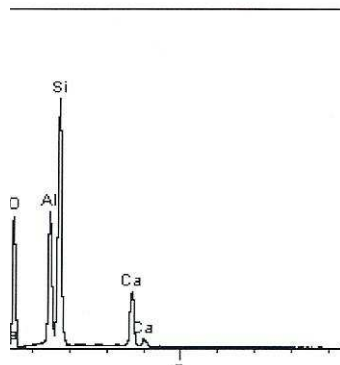


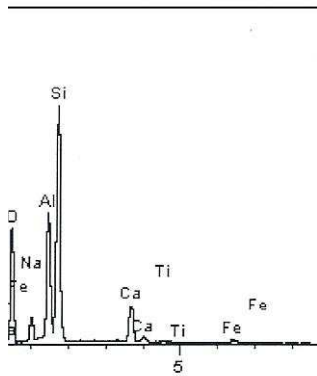
Figura 30 - Imagem de Petroespalhamento eletrônico do P7



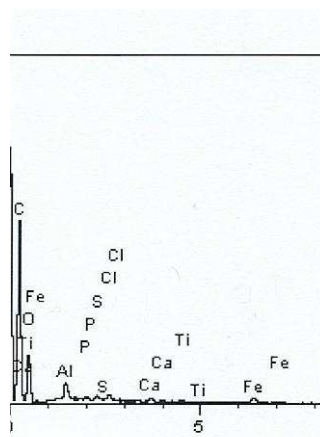
P1



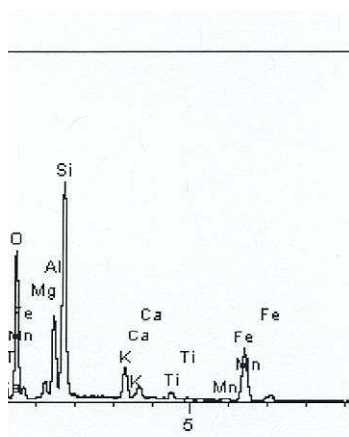
P2



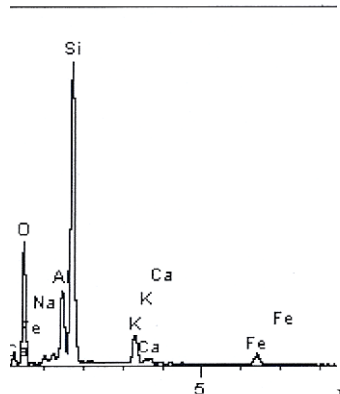
P3



P4



P5



P6

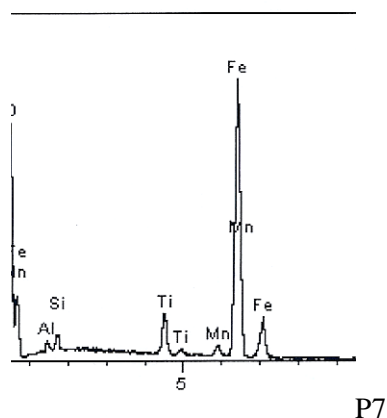


Figura 31 - Mapas Microquímicos e espectros de EDS dos pontos P1 a P7 do P7

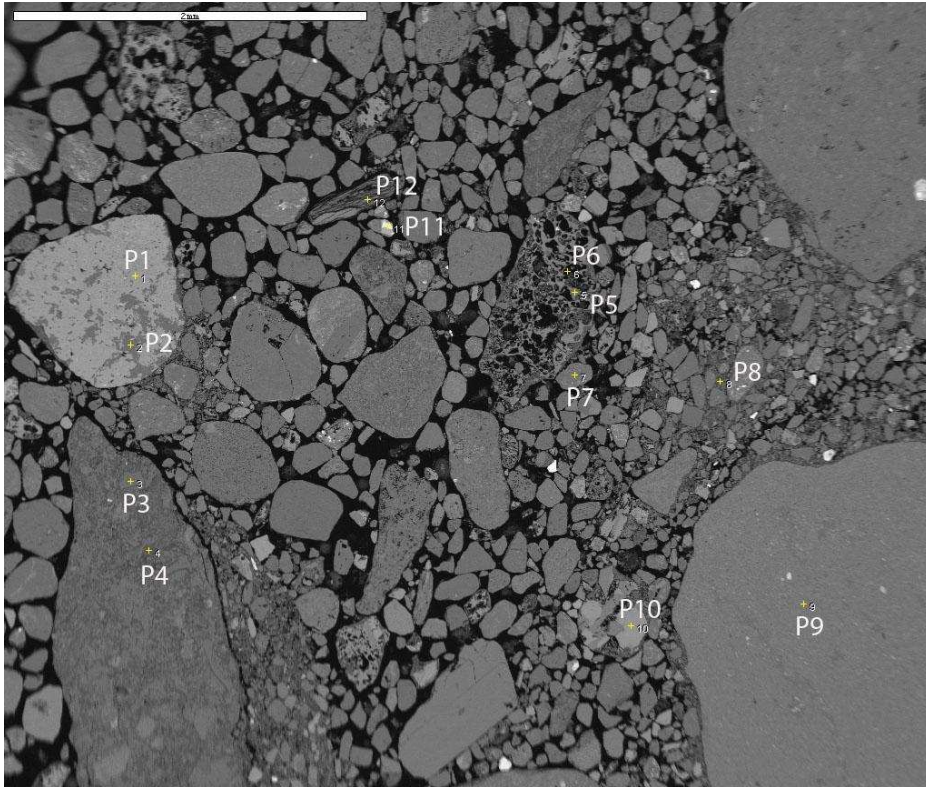
### **P12 – Criossolo oxiaquico espódico**

A natureza sedimentar do solo é identificável pelo grau de arredondamento dos grãos, e seleção visíveis tanto em lâmina micromorfológica quanto no MEV (Figura 30).

A assembléia mineral é dominada por silicatos de Al com Na Plagioclásios sódicos associado com Plagioclásios Ca e Feldspatos potássicos. A ocorrência de máficos é pontual (mapas de Fe e Ti – análise P11), e os minerais de fosfato não ocorrem de forma detectável (Figura 31).

Sobressai a natureza aluminosa e degradada dos Plagioclásios de Na, (dados de Na não apresentado) mas revelado nas análises de P5 e P8, ao lado de Feldspatos – K (análise P9), Plagioclásio – Ca (análises P1 e P10). E Cloritas (análise P12). A exemplo dos perfis anteriores, os minerais presentes corroboram Navas Et al, (2008) nos estudos de sedimentos da Península Byers.

Há abundantes grãos de Feldspato Potássico na fração areia fina, como revelam os mapas microquímicos e as análises pontuais (P3 e P4), além de Ilmenita (P11) e clorita (P12). A fração areia é dominada por minerais primários, denotando o caráter regossólico.



Al



Bse



Ca



Fe



K



Mg



P

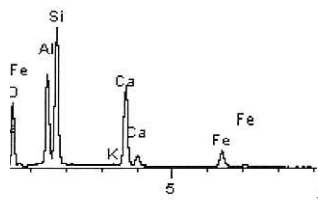


Si

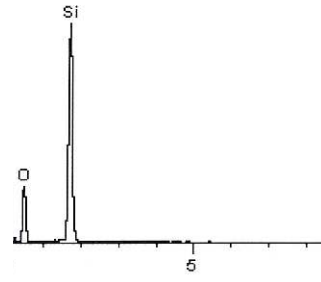


Ti

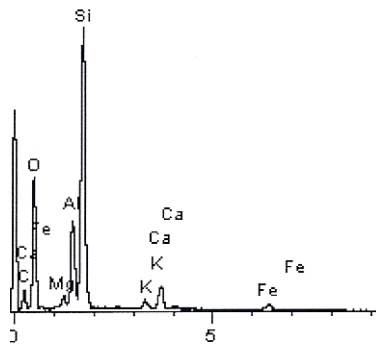
P32 - Imagem de Petroespalhamento eletrônico do P12



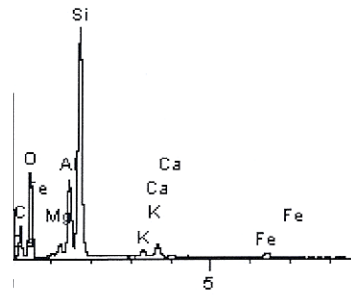
P1



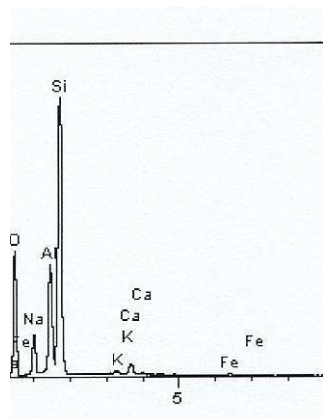
P2



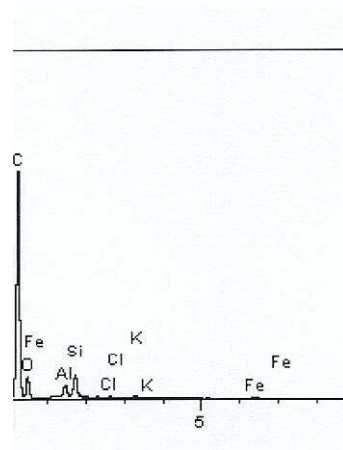
P3



P4



P5



P6

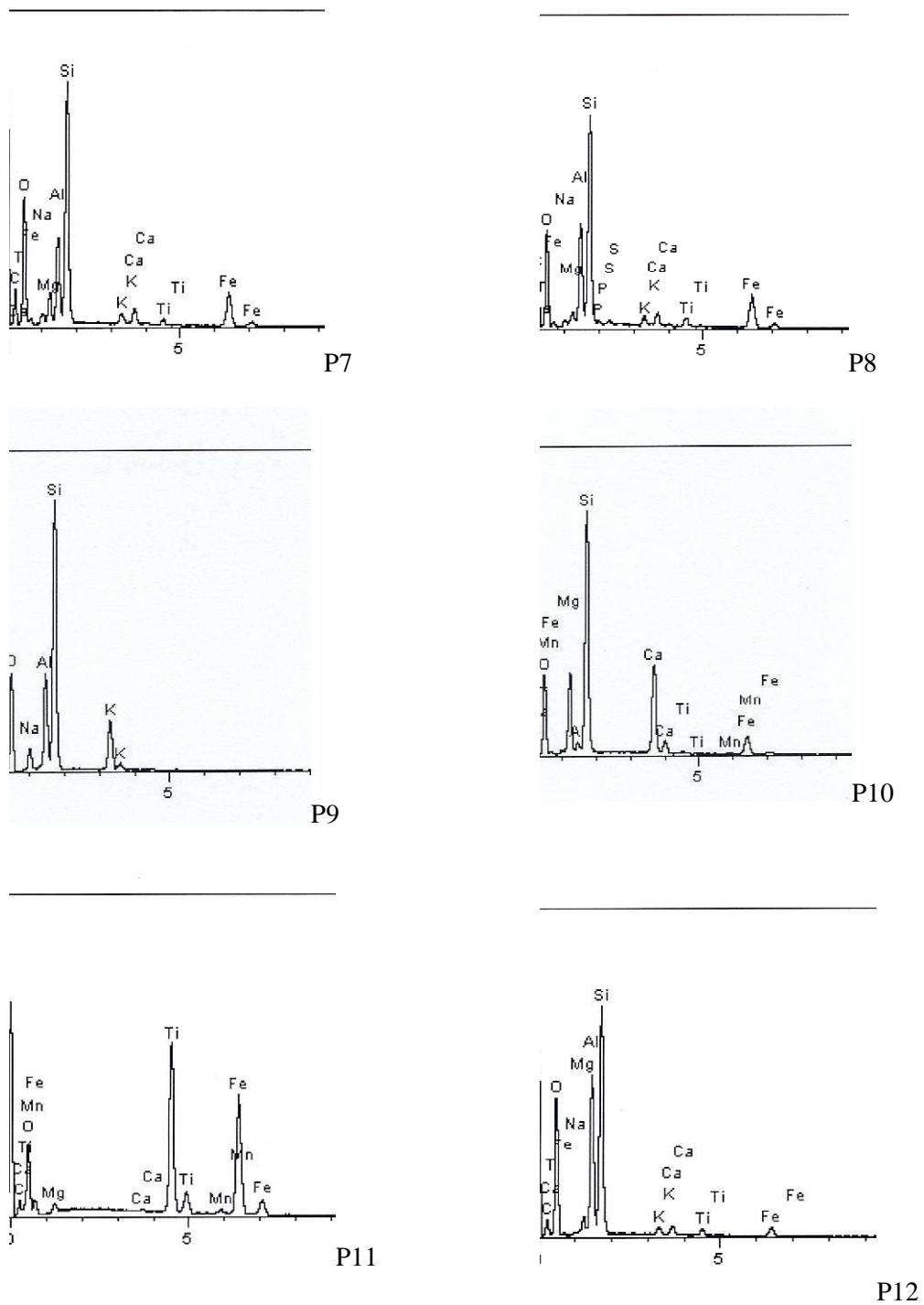


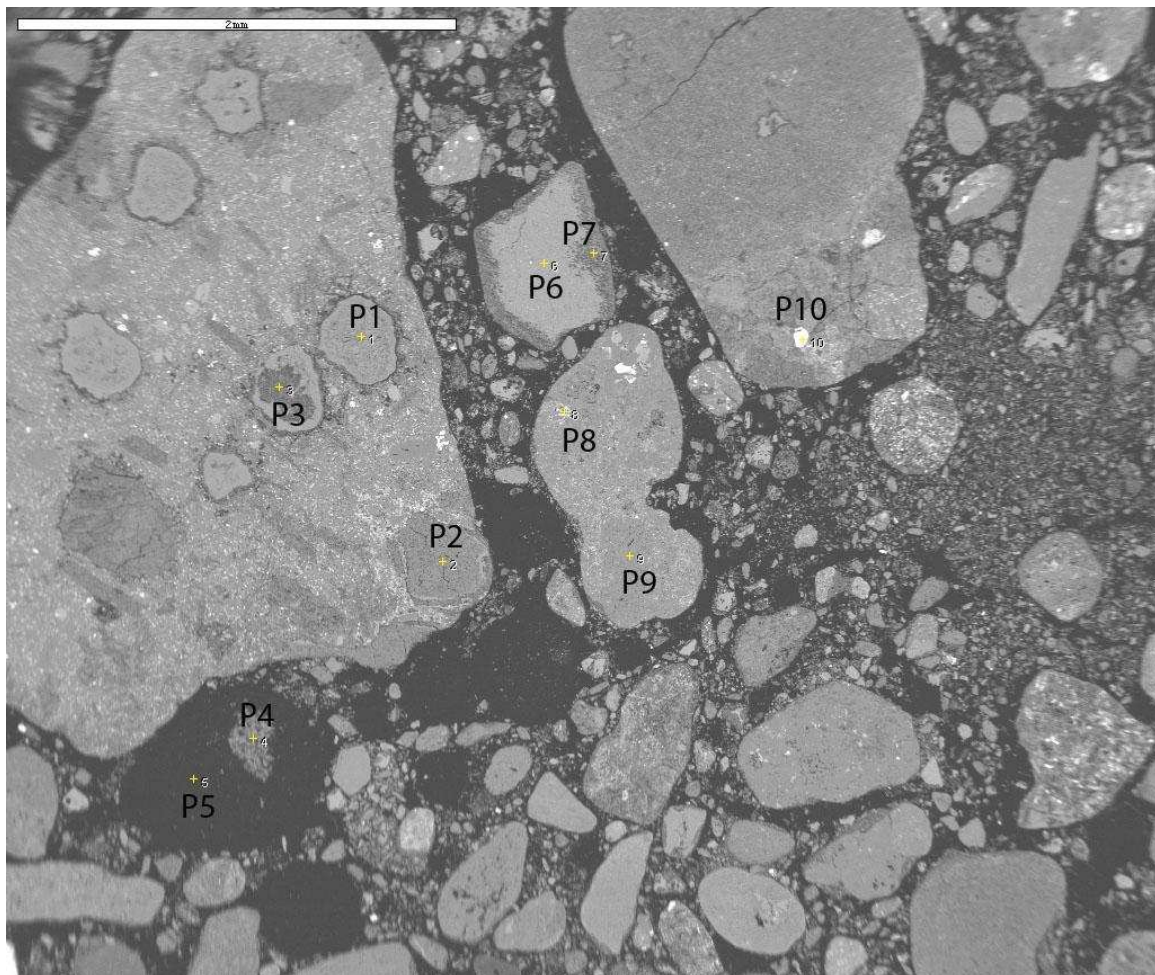
Figura 33 - Mapas Microquímicos e espectros de EDS dos pontos P1 e P12 do P12

## P17 Regossolo Gelistágico

Este solo de terraço marinho concentra grãos residuais de areia na faixa de 0,3 – 1 mm de diâmetro, com cascalhos arestados de maior dimensão, todos predominantemente formados por minerais primários silicatados (Figura 32).

Entre os grãos, predominam Plagioclásios de Ca e Na, secundados por Feldspatos K, todos revelando degradação variável. É forte a reação de fosfatização entre e intra grãos, pela atuação de dejetos de aves e sua forte reatividade (Figura 33).

A cloritização é bem marcante, na forma de vesículas ricas em Mg/Fe no interior dos grãos, indicando hidrotermalismo na origem dos cascalhos. Zeólitos são comuns (P4), corroborando com sua origem hidrotermal e vulcânica.



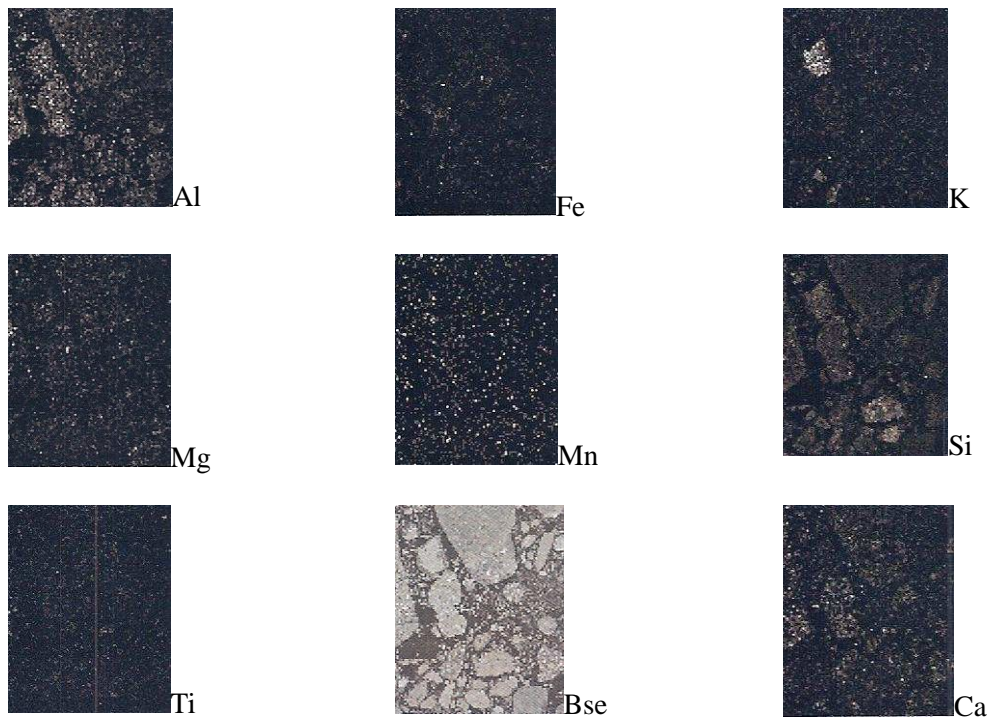
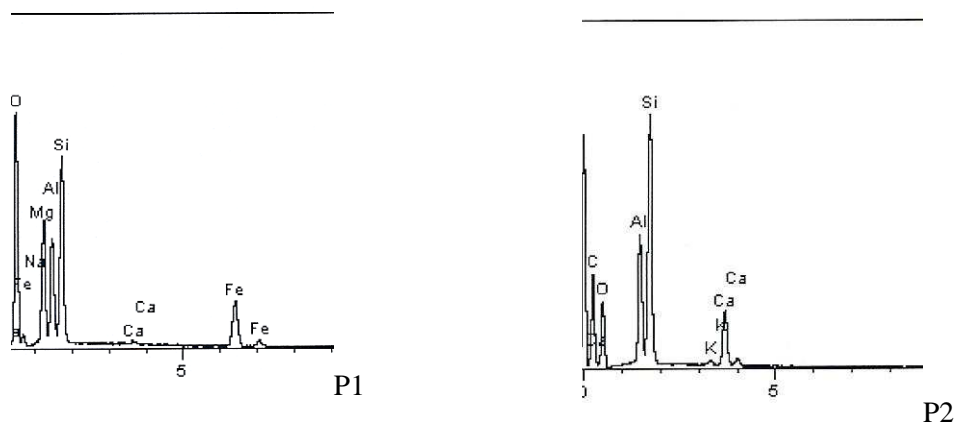
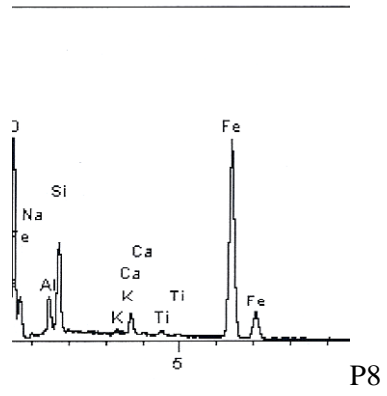
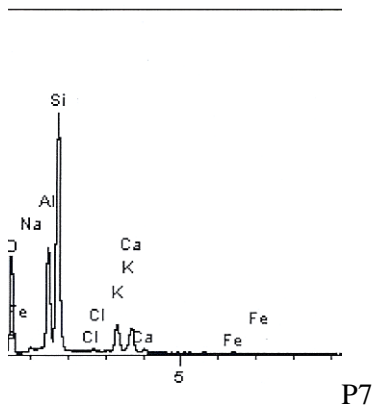
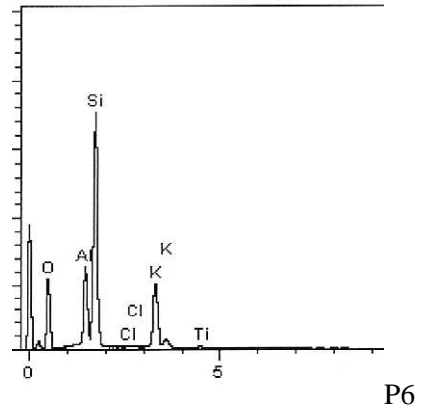
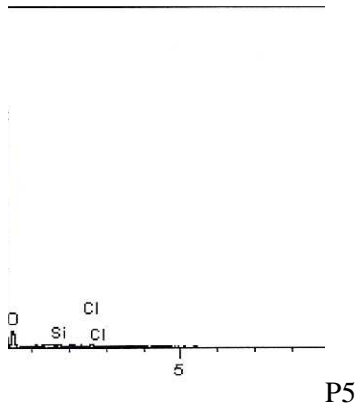
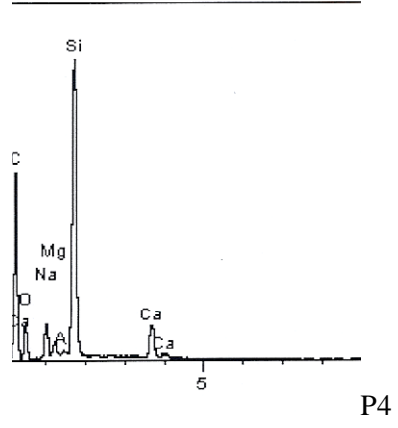
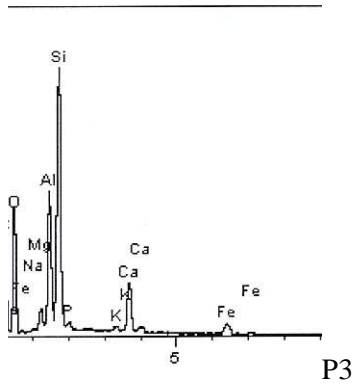


Figura 34 - Imagem de Petroespalhamento eletrônico do P17





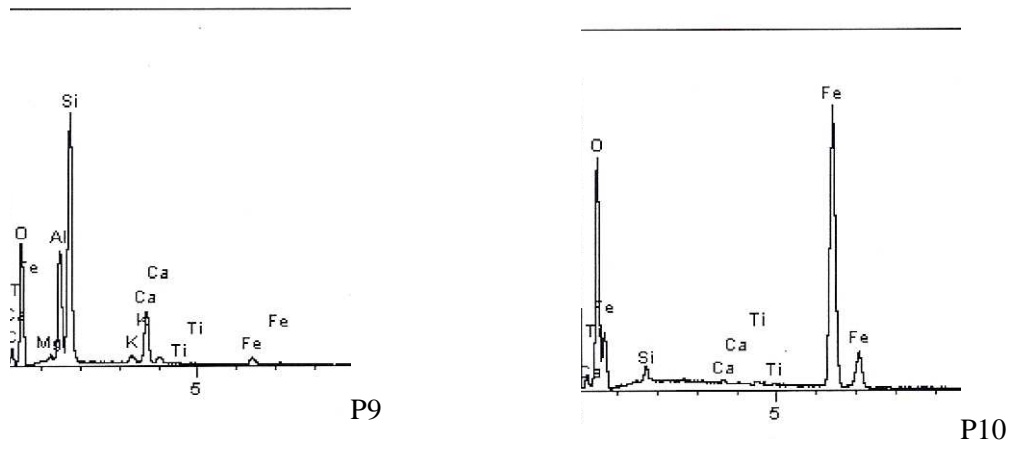


Figura 35 - Mapas Microquímicos e espectros de EDS dos pontos P1 a P10 do P17

## 6. CONCLUSÕES

- As características e as relações geoambientais na Península Byers, maior área livre de gelo das Shetlands do Sul, indicam uma forte heterogeneidade ambiental, governada pela diversidade de solos, materiais de origem sedimentar marinha, continental ou vulcânica, extensas áreas ornitogênicas, bem como fatores topográficos (com menor expressão).
- Praticamente não existem Morainas em Byers, exceto nas partes mais próximas à geleira Rotch. Ao contrário de outras áreas estudadas na ilha Rei George, Deception e Península Antártica, a Península de Byers, possui uma topografia mais regular e monótona onde 63% de suas áreas localizam-se em terrenos com menos de 5% de declividade, com sucessivos níveis marinhos soerguidos e crioplanados. Assim os mantos de clastos possuem área proporcional relativamente menor, enquanto os solos com padrões (28,4%) e as plataformas de crioplaneação (12,9%) representam as geoformas dominantes.
- É possível concluir que a Península de Byers é um dos conjuntos mais antigos de paisagens livres de gelo da Antártica Marítima, tendo em vista o excepcional desenvolvimento de solos com padrões atípicos de áreas menos estáveis e recentes da região.
- Os solos ornitogênicos de Byers são mais extensos e desenvolvidos, apesar da população atual de pingüins ser comparativamente, bem menor. Tal fato indica uma ocupação pretérita mais extensa por aves marinhas, que se tornou progressivamente mais inacessível com o soerguimento glaciostático da Península. Indícios de ornitogênese ocorreram em grandes distâncias da costa onde já não se observam ninhais atuais.
- Os Neossolos regolíticos de algas ocorrentes em paleo-praias holocênicas são pedopaisagens únicas nas Shetlands do Sul, não tendo sido descritos em nenhuma outra ilha da Antártica Marítima.

- Os sistemas hidrográficos bem desenvolvidos, pequena ocorrência de morainas, e lagos profundos e com sedimentação holocênica estável, indicam evolução periglacial muito antiga.
- A área de Sealers Hill e Punta Acampamento representam as mais antigas áreas livre de gelo da Península, com solos muito desenvolvidos, possuindo horizontes hísticos e fosfatizados bem representados.
- Não há qualquer relação entre a ocorrência de solos poligonais e áreas ornitogênicas, que representam dois pedoclímax que não ocorrem associados.
- Os solos da Península de Byers possuem grande variabilidade nas propriedades morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, principalmente resultante de fatores “biológicos” (ornitogênese, tipo de cobertura vegetal e material de origem – sedimentar, marinho vulcânico, etc).
- Os solos da Península de Byers são bem diferenciados em relação aos demais solos das Shetlands do Sul, pela contribuição local de materiais de origem sedimentar que não ocorre com frequência em outras áreas da Antártica Marítima.
- A ornitogênese em Byers é mais dispersa, mais diferenciada e em menor grau se comparada à outras áreas estudadas da Ilha Rei George e Hope Bay, mas ocorreram solos bem desenvolvidos e fosfatizados. A presença de Pingüim Papua e ausência de ninhais de Pingüim Antártica ou Adelia podem explicar em parte estas variações.
- A Península de Byers possui as maiores extensões de Regossolos, de Terraço Marinhos de toda a Antártica, representando uma área de enorme influência ecológica à preservação da biodiversidade regional, e local privilegiado à reprodução de animais marinhos.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bremer, U.F., Arigony Neto, J., & Simões, J.C. 2004. **Teledeteção de mudanças nas bacias de drenagem do gelo da ilha Rei George, Shetlands do Sul, Antártica, entre 1956 e 2000.** *Pesq. Antárt. Bras.*, 4: 37-48.

CANNONE, N.; WAGNER, D.; HUBBERTEN, H.W.; GUGLIELMIN, M. **Biotic and abiotic factors influencing soil properties across a la gradient in Victoria Land, Antártica.** *Geoderma*, 144: 50-65. 2008.

DELVIGNE, J.E. **Atlas of micromorphology and minerals.** Canadian mineralogist/ORSTOM, Special Publication 3, Ottawa, 1998. 494p.

EMBRAPA–CNPS [Centro Nacional de Pesquisa de Solos]. 1997. **Manual de métodos de análise de solo.** 2 ed. Rio de Janeiro: CNPS.

FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación. 1999. **Base referencial mundial del recurso suelo.** Roma: FAO-SICS-ISRIC. 94p. (Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos, 84).

GUGLIELMIN, M.; EVANS, C.J.E.; CANNONE, N. **Active layer thermal regime under different vegetation conditions in permafrost areas.** A case study at Signy Island (Maritime Antártica). *Geoderma*, 144: 73-85. 2008.

Gee, G.W. & Bauder, J.W. 1986. Particle-size analysis. In: Klute, A. (ed.). **Methods of soil analysis.** Part 1: Physical and mineralogical methods. Madison: Soil Science Society of America. pp: 383-412.

Francelino, M.R. 2004. **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 –UFV).

Francelino, M.R., Schaefer, C.E.G.R., Fernandes Filho, E.I., Albuquerque Filho, M.R. de, Simas, F. N.B. & Moreira, G.F. 2004. Geofomas 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). *Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica marítima: Baía do Almirantado, Ilha Rei George.* Viçosa-MG: NEPUT. pp: 15-25.

Francelino, M.R., Schaefer, c.e.g.r., Fernandes Filho, E., Costa, L.M., Simas, F.N.B. 2010. *Geomorphology and soil formation under paraglacial conditions in on ice-free área of Admiralty Bay, Antártica.* *Catena* (in press).

French, H.M. 1996. **The periglacial environment.** 2. ed. Harlow, Essex: Longman. 341 p.  
FITZPATRICK, E.A. *Soil microscopy and micromorphology.* New York: John Wiley & Sons, 1993. 304p.

FITZPATRICK, E.A. **Micromorphology of soils.** Chapman & Hall, London, 1994.

ISSS-WG [International Soil Science Society Working Group]. 1998. World reference base for soil resources. Roma: ISSS-ISRIC-FAO. (World Soil Resources Report, 84).

Mitchell, J.F.B., Manabe, S., Meleshko, V. & Tokioka, T. 1990. **Equilibrium climate change - and its implications for the future**. In: J.T. Houghton, G.J. Jenkins & J.J. Ephraums (eds.). Climate change: the IPCC scientific assessment. Cambridge: Cambridge University Press. pp: 131-172.

IVANOV, Lyubomir; GLAVINCHEV, N.; NAYDENOV, S. **Livingston Island, South Shetland Islands scale 1: 100.000**. Bulgarian Topographic surveys. Institute of Mathematics and Informatics. Bulgarian Academy of Sciences. 2004/05.

SCAR - Scientific Committee on Antarctic Research. 2007. **King George Island GIS Project - KGIS**. Disponível em <<http://www.kgis.scar.org/mapviewer/kgis.phtml>>. Acessado em 13 de agosto de 2007.

SCAR, 2009. **The Antarctic Environment and the global system**. Scar, Victoire Press pp 1-26, Cambridge, UK. 525p.

SCAR - Scientific Committee on Antarctic Research. 2007. **Some Antarctic Statistics**. Disponível em <<http://www.scar.org/information/statistics/>>. Acessado em 13 de agosto de 2007.

----- Statutory Instruments 2003 n<sup>o</sup> 323 – **The Antarctic (Amendment) Regulations**. London. 2003.

SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; GILKES, R.J.; MATHISON, C.; COSTA, L.M.; ALBUQUERQUE, M.A. **Micromorphology and microchemistry of selected Cryosols from maritime Antarctica**. Geoderma, 144: 104-115. 2008.

Simas, F.N.B., Schaefer, C.E.G.R., Melo, V.F., Albuquerque Filho, M.R., Michel, Pereira, V.V., Gomes, M.R.M., & Costa, L.M. da. 2007. **Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: Phosphatization as soil forming process**. Geoderma, 138 (2007): 191-203.

Tatur, A. 1989. **Ornithogenic soils of the maritime Antarctic**. Pol. Polar Res., 4: 481-532.

Tatur, A. 2002. **Ornithogenic ecosystems in the Maritime Antarctic - formation, development and disintegration**. In: Beyer, L. & Bölter, M. (Eds). Geocology of Antarctic ice-free coastal landscapes. Heidelberg: Springer. pp: 161-184. (Ecological Studies, 154).

Tatur, A. & Myrcha, A. 1993. **Ornithogenic soils**. In: Rakusa-Suszczewski, S. (Ed). The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Warszawa: Department of Antarctic Biology, Polish Academy of Science. pp: 161-165.

Tatur, A., Myrcha, A. & Niegodzisz. 1997. **Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in maritime Antarctic**. Polar Biol., 17: 405-417.

Simões, J.C., Arigony Neto, J. & Bremer, U.F. 2004. **O uso de mapas antárticos em publicações**. Pesq. Antárt. Bras., 4: 191-198.

Simões, J.C. & Bremer, U.F. 1994. **Morfologia e dinâmica da calota de gelo da ilha Rei Jorge, Antártica**. In: Congresso Brasileiro de Geologia, 38. Balneário Camboriú, SC: SBG. Boletim de Resumos Expandidos, vol.1: 354-355.

Serrano, E. & López-Martínez, J. 1998. **Caracterización y distribución de las formas y los procesos periglaciales en las islas Shetland del Sur (Antártida)**. In: Gómez Ortiz, A., Salvador Franch, F., Schulte, L. & García Navarro, A. (ed). **Procesos biofísicos actuales en medios fríos**. Barcelona: Universitat de Barcelona. pp: 181-204.

Soil Survey Staff. 1999. **Soil taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. 2 ed. Washington: USDA-NRCS. (Agriculture Handbook, 436).

SSSA - Soil Survey Staff. 2003. **Keys to Soil taxonomy**. 9 ed. Washington, DC: USDA-NRCS.

Tarnocai, C., Kimble, J. & Broll, G. 2003. **Determining carbon stocks in Cryosols using the Northern and Mid Latitudes Soil Database**. In: M. Phillips, S.M. Springman & L.U. Arenson. (eds.). **Permafrost. Proceedings of the 8th International Conference on Permafrost**. 21-25 July 2003. Zurich, Switzerland. vol 2. Lisse: Balkema. pp: 1129-1134.

UGOLINI, F.C.; BOCKHEIM, J.G. **Antartic soils and soil formation in a changing environment: A Review**. *Geoderma*, 144: 1-8. 2008.

Yeomans, J.C. & Breemner, J.M. 1988. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil**. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 19 (13): 1467-1476.

Woo, M., Lewkowicz, A.G. & Rouse, W.R. 1992. **Response of the Canadian permafrost environment to climatic change**. *Physical Geography*, 13: 287-317.

# Apêndice

## Solos criogênicos em Terraços Marinheiros Soerguido:

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
8	14	M>G>L	Turbic Umbric Cryosol	Solo formado em platô embutido entre as cristas basálticas de Sealers Hill, com blocos basálticos arredondados e in situ, e pedriscas de antigos ninhais; geoforma de manto de clastos superficiais alterados, sob crioturbação fraca e exuberante cobertura vegetal cobrindo todo o solo, dominada por almofadas enormes de musgos gigantes, com destaque para Sanionia e Andreae. Solo com horizonte histórico profundo, desenvolvido e bem drenado. Estrutura média a grande granular e tipicamente criogênico; possível ornitogênese fraca.	0596675 3049394
14	20	G>B>L	Haplic Regosol (Gelic, Regosol)	Solo formado em terraço marinho soerguido com seixos arredondados e muitos ossos e penas espalhados, com fragmentos líticos de origens diversas; geoforma de manto de seixos, sob crioturbação fraca. Exuberante cobertura vegetal cobrindo 60% do solo, dominada por almofadas de Andréa, Deschampsia, Leptogium, Psoroma/Colobanthus/ Polytrichum. Solo sem horizonte histórico, e provavelmente fracamente ornitogênico, mais desenvolvido e bem drenado. Estrutura média e granular.	595540 3053335
16	10,3	S>L	Leptic Regosol	Terraço marinho soerguido no nível mais alto, abaixo da escarpa estrutural; descrito logo ao lado do acampamento, em posição de terraço acima da drenagem glacial que seccionou, relevo plano com antiga cobertura de musgos; cobertura de tálus com fragmentos angulosos até 15 cm de profundidade; abaixo somente seixos marinhos; possivelmente pouco fosfático, já que não possui indícios de antigos ninhais. Possível área de descanso de elefantes marinhos.	597408 3050668
17	10,3	G>L	Gelistagnic Regosol(Ornithic, Sodic)	Terraço marinho antigo em nível semelhante ao anterior, porém sob forte influência de ninhais pretéritos, sendo atualmente vizinho ao ninhal de Petrís gigantes que promovem lixiviação lateral; presença de pedriscos de ninhos até 30 cm de profundidade. Relevo plano.	297291 3050245
18	10,7	M>G>L	Gelistagnic Regosols (Ornithic, Sodic)	Relevo plano de terraço marinho soerguido, em provável antiga pinguineira de Pinguim antártica, com presença de pedriscos e seixinhos até 15 cm. Terraço marinho abaixo da escarpa basáltica com forte fosfatização, com muitos ossos de elefante e focas.	597087 30500073

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica* ; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos Terraços Marinhos soerguido.

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol/dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>					
<b>P8 – Criosolo Léptico Turbico (Ornitogênico, Húmico, Esquelético) - 14m</b>																									
A1(0 – 8)	10 YR 2/2	36	26	18	20	5,46	81,7	0,13	0,42	0,39	0,14	0,96	13,2	1,08	2,05	14,29	7,6	46,8	20,72	23,25	15,0	1,23	442,3	2,1	0,50
A2E (8 – 20)	10 YR 2/2	28	12	16	44	4,99	25,3	0,20	0,31	0,50	0,27	0,92	11,6	1,28	2,20	12,88	9,9	41,8	14,17	35,52	22,2	1,50	258,8	2,2	0,53
B1(20-32)	10 YR 2/2	88	3	3	6	4,54	83,9	1,37	9,09	0,74	0,97	0,24	6,5	12,17	12,41	18,67	65,2	1,9	73,25	2,01	35,3	1,21	901,2	46,0	12,48
C1 (32 – 50)	10 YR 2/2	35	24	24	17	5,04	102,0	0,11	0,39	0,36	0,11	0,96	19,4	0,97	1,93	20,37	4,8	49,7	20,23	24,48	5,5	0,91	1098,6	2,0	1,20
C2 (50 – 70)	7,5 YR 2,5/3	39	24	18	19	5,14	84,3	0,12	0,41	0,46	0,10	0,72	18,8	1,09	1,82	19,90	5,5	39,6	22,89	12,30	3,1	0,76	896,6	6,7	1,88
C3 (70 – 90)	7,5 YR 2,5/3	40	22	22	16	5,25	94,4	0,12	0,36	0,60	0,14	0,77	18,4	1,22	2,01	19,64	6,3	38,3	18,34	11,17	2,4	0,72	1208,9	2,8	1,86
<b>P14 – Regossolo Léptico (Ornitogênico, Húmico, Sódico)- 20m</b>																									
A1 (0 – 10)	10 YR 2/2	51	11	14	24	5,56	83,3	0,34	1,71	3,87	2,88	0,05	6,2	8,80	8,86	15,01	58,7	0,6	19,37	3,23	33,3	3,27	156,0	29,2	1,03
AC (10 – 20)	10 YR 2/2	60	12	10	18	5,82	161,9	0,22	0,75	4,24	2,01	0,24	6,8	7,22	7,46	14,02	51,5	3,2	10,07	1,55	33,7	1,48	131,6	6,8	0,78
C1 (20 – 30)	7,5 YR 2/2	65	20	4	11	6,59	82,5	0,17	2,09	3,68	1,18	0,14	2,1	7,12	7,35	9,31	77,4	1,9	28,55	1,03	30,5	4,51	180,8	16,9	1,15
C2+C3 (30 – 80)	7,5 YR 2/2	70	7	9	14	6,44	96,6	0,29	1,94	6,65	1,87	0,00	1,4	10,75	10,76	12,16	88,5	0,0	18,05	0,78	41,6	3,49	396,6	112,3	1,83
<b>P16 – Regossolo Léptico (Ornitogênico, Húmico) – 10,3m</b>																									
A1(0 – 5)	10 YR 2/2	39	28	18	15	5,13	62,5	0,1	0,36	0,34	0,07	0,53	14,9	0,87	1,40	15,77	5,5	37,9	26,02	15,82	7,3	0,58	987,0	6,2	1,44
Ah iluvial(5-15)	10 YR 2/1	80	6	6	8	6,00	31,8	0,38	1,15	4,93	2,57	0,05	3,2	9,03	9,10	12,25	73,9	0,5	12,70	4,14	35,7	1,03	67,5	12,6	0,83
C1(15 – 25)	10 YR 2/1	61	20	9	10	5,82	69,5	0,30	0,93	1,21	1,01	0,77	11,0	3,45	4,22	14,45	23,9	18,2	22,06	3,01	13,8	1,05	523,7	5,4	0,81
C2(25 – 40)	7,5 YR 2,5/2	72	10	9	9	6,62	29,8	0,37	1,02	4,32	3,46	0,00	2,4	9,17	9,18	11,58	79,3	0,0	11,16	3,01	27,2	0,89	125,6	7,7	1,32
<b>P17 – Regossolo Gelistágnico (Ornitogênico, Sódico) – 10,3m</b>																									
A1(0 – 5)	7,5 YR 2,5/2	66	10	13	11	4,91	107,8	0,43	1,54	0,68	0,43	2,75	13,2	3,08	5,84	16,29	19,0	47,1	26,53	1,92	19,1	4,70	296,1	1,7	0,68
ABf (10 – 20)	7,5 YR 2,5/3	61	6	20	13	4,78	286,7	0,41	1,2	0,75	0,24	3,71	16,5	2,60	6,31	19,10	13,6	58,8	19,02	1,92	17,5	0,54	397,4	0,8	0,72
C1(20 – 40)	10 YR 2/2	71	4	15	10	5,06	211,6	0,42	1,12	0,68	0,20	3,42	15,1	2,42	5,84	17,52	13,8	58,6	19,21	1,15	24,2	0,31	347,8	0,9	0,74
C2(40 – 60)	10 YR 2/2	82	1	9	8	5,41	91,9	0,53	0,82	0,35	0,10	2,36	9,2	1,80	4,17	11,01	16,4	56,6	19,81	0,38	28,1	0,98	124,0	1,0	1,06
<b>P18 – Leptossolo Háptico (Ornitogênico, Húmico, Sódico)- 14,4m</b>																									
O (0 – 3)	7,5 YR 2/2	62	7	9	22	5,21	52,0	0,27	0,55	0,53	0,24	0,67	8,0	1,59	2,26	9,59	16,6	29,6	24,37	21,31	29,6	1,69	162,5	3,4	0,14
A1h (3 – 12)	10 YR 2/2	63	15	10	12	5,23	41,3	0,35	0,88	2,00	0,94	2,12	10,5	4,17	6,29	14,67	28,4	33,7	14,01	1,94	20,0	2,08	286,6	5,7	0,51
C1f (12 – 25)	10 YR 2/1	62	11	13	14	5,48	87,0	0,36	1,00	2,30	1,01	1,16	8,6	4,67	5,84	13,28	35,2	19,9	17,18	1,03	16,4	1,19	215,8	3,0	0,69
C2f (25 – 40)	10 YR 3/4	55	8	19	18	5,51	101,8	0,32	0,75	2,06	0,72	1,73	10,8	3,85	5,59	14,66	26,3	30,9	13,59	1,29	9,8	0,93	153,5	2,3	0,68
C3 (40+)	10 YR 3/6	57	7	18	18	6,10	119,1	0,29	0,76	2,50	0,65	0,92	9,7	4,20	5,12	13,90	30,2	18,0	14,92	1,29	18,3	0,98	259,3	2,2	0,59

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

### Solos criogênicos de Praias e Terraços Marinhos atuais:

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
9	3	D	Gelistagnic Regosols	Terraço marinho frontal, mais baixo, seccionado pelo canal de degelo que desce por trás do acampamento brasileiro; submetido a forte ablação de ventos, expondo ossos e tapetes algais marinhos semi-decompostos; área de intenso pisoteio por elefantes marinhos e leões.	597767 3050288
20	2	A	Leptic Regosols	Terraço Marinho atual adjacente ao mar (2 metros alt.), com enorme deposição de macroalgas marinhas (predom. <i>Desmarestia</i> ), intercalada com areias escuras e esverdeadas; 1º nível de terraço, repouso de elefantes, que compactaram depósitos algais antigos. Sinais de fermentação em profundidade e cheiro de enxofre.	597256 3049309
36	4,3	M	Leptic Regosols	Perfil em relevo plano, com lençol freático aflorante a 60 cm, sem permafrost, e sem indícios até 100 cm; perfil representa indivíduo modal do primeiro nível de terraço por trás do cordão marinho de seixos e terraço algal; local mostra canal de degelo que seccionou o terraço e drenou-o na direção do litoral, modificando o equilíbrio hídrico (morte de tapete de musgos e soerguimento ligeiro do 1 nível de terraço); <i>Deschampsia</i> é invasora recente, e não há evidências de pisoteio por elefantes marinhos no local. Ocorre nítida eluviação de MO entre 15-30 cm;	597976 3050615

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica*; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos de praias e Terraços Marinheiros atuais.

Horizonte cm	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/dm <sup>3</sup>						
<b>P9 – Regossolo Gelistágnico (Sodic)- 3m</b>																									
A1 (0 – 3)	10 YR 2/1	79	6	7	8	5,19	50,6	1,44	2,28	1,01	1,58	1,30	6,8	6,31	9,20	14,70	53,7	14,1	42,11	1,02	33,5	1,44	166,6	4,3	1,74
C1 (3 – 10)	10 YR 2/1	78	3	12	7	6,07	34,0	1,40	2,42	1,22	1,11	1,30	6,7	6,15	9,14	14,54	53,9	14,2	45,02	0,64	33,1	1,37	124,7	5,9	2,47
C2 (10 – 20)	10 YR 2/1	87	2	5	6	6,28	43,2	1,64	2,67	1,06	1,21	0,82	5,2	6,58	9,26	13,64	61,9	8,9	48,92	0,51	37,7	1,03	138,4	5,5	2,61
C3 (20 – 30)	10 YR 2/2	83	4	5	8	6,25	27,0	1,36	2,51	1,26	1,28	0,92	6,5	6,41	9,09	14,67	55,7	10,1	46,95	1,41	32,2	1,00	155,7	5,2	4,10
C4 (30 – 40)	10 YR 2/2	81	4	7	8	6,29	37,4	1,50	2,69	1,23	1,48	0,92	6,8	6,90	9,70	15,58	56,4	9,5	47,15	1,41	31,6	0,92	183,6	3,5	3,58
C5 (40 – 50)	10 YR 2/2	87	3	4	6	6,22	39,8	1,32	2,04	1,10	1,21	1,06	7,5	5,67	8,15	14,59	48,6	13,0	42,44	1,66	30,2	1,02	340,6	3,4	3,27
C6 (50 – 70)	10 YR 3/3	84	1	5	10	5,94	54,2	0,82	1,64	1,06	1,20	1,64	10,2	4,72	7,50	16,06	36,5	21,9	37,10	19,19	24,4	0,86	517,4	9,5	10,18
<b>P20 – Regossolo Gélico algal (profundo) - 2m</b>																									
A1 (0 – 10)	10 YR 2/1	76	6	8	10	4,79	305,3	0,43	0,92	0,64	0,45	2,31	13,8	2,44	4,76	16,25	15,1	48,5	19,52	3,01	21,7	0,45	1000,2	0,8	1,46
2C (10 – 15)	10 YR 2/1	71	21	3	5	4,92	68,8	1,58	9,7	0,71	1,13	0,34	3,5	13,12	13,46	16,62	78,9	2,5	72,07	3,01	37,3	1,03	150,3	7,4	2,68
3C (15 – 20)	7,5 YR 2,5/2	89	1	3	7	4,90	77,9	1,51	8,61	0,63	0,86	0,43	4,5	11,61	12,04	16,11	72,1	3,6	71,52	1,38	39,6	1,19	612,7	17,4	5,64
4C (40 – 80)	7,5 YR 2,5/1	84	6	3	7	5,86	181,1	1,51	9,48	1,97	2,37	0,00	3,0	15,33	15,33	18,33	83,6	0,0	61,85	1,88	47,8	6,92	853,7	6,2	1,05
<b>P36 – Regossolo Léptico – 4,3m</b>																									
A1 (0 – 5)	10 YR 3/3	77	8	9	6	6,43	23,9	1,18	1,75	1,95	1,33	0,29	4,8	6,21	6,52	11,03	56,5	4,4	26,94	1,92	33,6	1,03	79,3	5,8	1,83
AC (5 – 20)	10 YR 3/2	85	8	3	4	6,47	40,9	1,46	2,17	2,41	1,78	0,10	3,3	7,82	7,92	11,12	70,3	1,3	27,40	0,64	37,7	0,54	111,3	3,9	1,08
C1 (20 – 30)	7,5 YR 2,5/1	80	8	7	5	6,97	48,9	0,96	2,34	3,14	3,24	0,05	2,5	9,68	9,73	12,18	79,5	0,5	24,10	0,64	36,5	1,05	113,3	3,7	2,33
C2 (30 – 40)	7,5 YR 2,5/2	84	11	4	1	6,60	65,1	0,64	0,94	2,45	2,01	0,00	2,2	6,04	6,05	8,25	73,3	0,0	15,67	0,51	39,0	0,65	122,6	5,3	1,29
Contato (40 – 60)	7,5 YR 2,5/3	81	6	9	4	6,46	68,2	0,57	2,21	2,85	2,46	0,00	3,2	8,09	8,10	11,30	71,7	0,0	27,33	0,90	31,8	0,81	157,1	7,5	2,00

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

## Solos criogênicos e ornitogênicos rasos em afloramentos rochosos costeiros:

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
3	28	D	Turbic Gelic Histosols (Ornithic, Skeletic)	Solo formado em cone de dejeção do tálus que desce de Sealers Hill, com blocos basálticos in situ e transportados; geoforma de cone de detritos estabilizado por cobertura vegetal cumulativa; não há desenvolvimento de solos poligonais. Solo turfoso e hístico, com diversos níveis de colonização por <i>Deschampsia</i> e <i>Sanionia</i> . (28m).	0596978 3049544
4	78	L>G	Turbic Leptic Cryosol (Ornithic, Skeletic)	Formado em platô plano de topo sobre crista basáltica do Sealers Hill. Apresenta manto de clastos superficiais alterados, sob crioturbação moderada e intensa cobertura vegetal de líquens com gramíneas esparsas. Estrutura média a grande granular.	0596862 3049494
6	45	G>L	Turbic Cryosol (Ornithic, Skeletic)	Solo formado em nível de platô de topo sobre a crista basáltica, próxima do mar, com fácil acesso aos pingüins; há presença de blocos de tufos e brechas in situ e pedriscas de antigos ninhais até 30 cm; geoforma de manto de clastos superficiais alterados, sob fraca crioturbação e exuberante cobertura vegetal cobrindo todo o solo; Solo sem horizonte hístico profundo, e provavelmente ornitogênico, mais desenvolvido e bem drenado. Solo extremamente antigo e ornitogênico. Estrutura média a grande granular e tipicamente criogênico.	0596891 3049737
13	5	L>B	Umbric Leptosols (Ornithic, Skeletic)	Solo formado em patamar basáltico de costão rochoso com antigo ninhal de gaivotões abaixo do Punta Campamento. Os blocos basálticos se encontram arredondados e com fraturas preenchidas de material fosfatizado com conchas e pedriscas; geoforma de afloramento rochoso fosfatizado sob crioturbação fraca e exuberante cobertura vegetal ornitocóprfila cobrindo toda a área. Solo com horizonte escuro fosfático.	595336 3053614
19	10	D	Haplic Leptosols (Skeletic)	Crista basáltica que representa antigo ninhal de gaivotões ou petréis próximo ao afloramento de rocha, formando um pequeno patamar; área não alcançada por elefantes, que pode servir de área fonte ao fosfato encontrado no terraço soerguido, imediatamente abaixo; área fortemente fosfatizada embora solo seja raso. Coletamos amostra do fosfato erodido encosta abaixo.	597018 3049611
22	6	L	Lithic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic)	Crista basáltica na ponta da praia de Sealers Hill, onde nidificam muitos Petréis gigantes, saia de tálus rochosos com encrustação de fosfatos nas fendas de diversos tamanhos.	597564 3049165
23	4	L	Lithic leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic)	Fenda central sombreada, dentro da crista basáltica na ponta da praia de Sealers Hill, local onde nidificam muitos Petréis gigantes e drenam materiais fosfáticos para seu interior; o acúmulo alcança mais de 70 cm nas fendas maiores; possível área de trânsito de pingüins Papua e Antártica. Sprays salinos marinhos ocorrem com frequência.	597478 3049670
24	2	G>L	Leptic Regosols (Ornithic, Sodic)	Costão rochoso aplainado e soerguido de basalto, onde nidificaram Pingüins papua e gaivotões, local de referência de ornitogênese de Papuas sobre crista basáltica; hoje há poucos pingüins na área;	594863 3049512
25	1,5	G>L	Leptic Regosols (Ornithic, Sodic)	Encosta de costão rochoso aplainado e soerguido de basalto, onde nidificaram Pingüins papua e gaivotões, local de referência de ornitogênese de Papuas sobre crista basáltica. Atualmente há poucos pingüins na área;	594864 3049511
32	14,4	G>L	Haplic leptosols (Ornithic, humic, Sodic)	Crista Basáltica (orientação oeste) de nível mais baixo na Ponta Smelie, em antiga ilha ou ninhal de gaivotões, hoje abandonado. Gaivotões nidificam bem abaixo, em ilhota atual em frente a crista. Relevo dômico e estruturalmente controlado pela rocha vulcânica; fosfatização bem evidente e antiga, entre 8 cm e 35 cm de profundidade, com colonização ornitocóprfila abundante; na parte inferior da crista, repousam elefantes marinhos; solos com características de transições onduladas; conchas de limpets entre 5 e 20 cm indicam paleoninhais de gaivotões; sem espodização forte, apenas muito sutil, e sem permafrost;	595081 3051479

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica*; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos criogênicos e ornitogênicos rasos em afloramentos rochosos costeiros

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>				cmol/dm <sup>3</sup>				%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>						
<b>P3 – Turbic Gelic Histosols (Ornithic, Skeletic) – 28m</b>																									
A1(0 – 45)	10 YR 2/1	68	14	7	11	4,88	237,7	0,31	0,42	0,54	0,15	1,69	13,8	1,42	3,41	15,52	11,1	49,6	21,00	4,26	23,7	0,63	214,2	1,1	0,55
AC (45 – 65)	10 YR 2/1	69	12	9	10	5,18	237,0	0,30	0,41	0,61	0,17	1,93	11,8	1,49	3,71	13,58	13,1	52,0	18,95	3,10	26,0	0,48	445,9	0,9	0,49
C1(65 – 80)	7,5 YR 2,5/2	71	10	9	10	5,17	311,5	0,29	0,41	0,63	0,20	2,22	16,5	1,53	4,05	18,33	10,0	54,8	17,57	3,49	24,4	0,79	675,1	1,1	0,75
C2(80 – 90)	7,5 YR 2,5/3	60	13	15	12	4,98	257,5	0,20	0,31	0,38	0,09	1,40	15,6	0,98	2,70	16,90	7,7	51,9	19,92	4,00	13,2	0,58	442,0	0,6	1,87
C3(90 – 100)	7,5 YR 2,5/1	38	23	31	8	5,08	143,2	0,25	0,26	0,27	0,06	0,77	11,3	0,84	1,80	12,33	8,4	42,8	24,81	2,71	13,8	0,63	482,0	0,9	1,72
<b>P4 – Turbic Leptic Cryosol (Ornithic, Skeletic) – 78m</b>																									
A1(0 – 8)	10 YR 2/2	62	14	14	10	6,52	23,9	0,36	1,02	4,25	3,20	0,00	2,9	8,83	8,83	11,73	75,3	0,0	11,61	1,26	27,9	1,22	98,6	15,3	1,39
A2(8 – 12)	7,5 YR 2,5/2	74	11	8	7	6,04	94,4	0,30	1,01	1,13	0,85	0,92	9,7	3,29	4,23	13,01	25,4	21,7	24,02	3,01	13,9	0,73	677,3	2,9	0,99
B1(12 – 20)	7,5 YR 2,5/2	54	14	18	14	6,23	88,6	0,22	0,88	2,35	1,13	0,87	11,9	4,58	5,47	16,50	27,9	15,9	16,19	2,76	8,0	0,57	183,2	6,1	1,17
B2(20 – 30)	7,5 YR 2,5/3	42	15	27	16	6,44	85,4	0,28	0,96	4,80	3,71	0,48	10,0	9,75	10,24	19,76	49,4	4,7	9,41	2,39	6,7	0,54	153,3	6,1	1,08
Cg (30 – 48)	10 YR 3/3	40	8	34	18	7,16	65,7	0,56	1,45	9,58	9,47	0,14	3,5	21,06	21,06	24,56	85,7	0,7	6,85	0,88	31,4	0,92	148,1	5,3	1,10
<b>P6 – Turbic Cryosol (Ornithic, Skeletic) – 45m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 2/1	38	19	26	17	4,99	72,7	0,29	0,93	0,88	0,84	0,77	14,9	2,94	3,72	17,85	16,5	20,7	25,18	13,75	10,6	1,23	186,2	10,3	0,95
AB(10 – 15)	7,5 YR 2,5/1	41	16	25	18	5,41	145,4	0,25	0,85	0,78	0,57	1,01	17,8	2,45	3,47	20,26	12,1	29,1	24,60	10,24	6,4	0,74	308,7	5,5	0,99
B1(15 – 25)	7,5 YR 3/2	46	11	23	20	5,40	126,8	0,24	0,60	0,92	0,65	1,30	17,5	2,41	3,71	19,91	12,1	35,0	16,29	7,68	4,5	0,46	347,4	5,7	1,61
B/C (25 – 30)	7,5 YR 2,5/2	46	11	23	20	5,55	106,2	0,21	0,62	0,97	0,60	0,82	16,2	2,40	3,22	18,60	12,9	25,5	19,31	10,36	4,7	0,54	341,2	6,3	2,00
C1(25 – 50)	7,5 YR 3/2	59	8	22	11	6,45	86,5	0,25	0,83	2,77	2,87	0,00	5,9	6,72	6,74	12,64	53,3	0,0	12,40	2,56	13,2	0,59	290,3	5,2	1,35
Ca (50 – 70)	7,5 YR 4/2	44	10	34	12	6,87	141,0	0,33	0,91	3,81	3,55	0,00	4,1	8,60	8,61	12,71	67,7	0,0	10,68	2,30	21,8	1,41	160,3	10,7	1,83
<b>P13 – Umbric Leptosols (Ornithic, Skeletic) – 5m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 2/2	61	11	12	16	5,42	136,1	0,23	0,55	3,75	7,11	2,65	17,3	11,64	14,68	29,33	41,0	18,1	6,36	4,65	23,1	1,96	395,8	9,2	6,45
AR (10–20) (ninho)	10 YR 2/1	73	4	8	15	6,67	160,1	1,08	2,19	7,39	6,06	0,00	4,6	16,72	18,25	22,85	79,9	0,0	20,36	0,39	36,5	2,71	442,8	13,5	2,81
<b>P19 – Haplic Leptosols (Ornithic, Skeletic) – 10m</b>																									
A1 histórico (0-5)	7,5 YR 2,5/2	67	9	12	12	5,47	264,4	0,33	0,85	0,74	0,30	0,87	11,1	2,22	3,10	13,33	16,7	28,1	27,73	3,26	24,7	0,68	154,3	0,9	0,99
A2(5 – 20)	7,5 YR 2,5/2	72	9	9	10	5,23	288,1	0,41	0,92	0,71	0,24	1,49	14,5	2,28	3,77	16,78	13,6	39,5	24,41	10,92	28,6	0,57	622,5	0,6	1,47
Fosfato em canal erosivo	7,5 YR 2,5/3	45	17	25	13	6,63	532,1	0,27	1,07	3,48	1,99	0,00	4,9	6,81	6,83	11,73	58,2	0,0	15,77	3,14	10,6	4,94	562,1	21,8	4,75
<b>P22 – Lithic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic) – 6m</b>																									
A fosfático (0-12)	10 YR 2/2	79	3	5	13	4,89	252,8	1,56	2,58	1,67	1,09	0,53	12,6	6,90	7,43	19,50	35,4	7,1	34,77	10,36	32,0	1,86	459,5	3,5	5,05
Cam. Fosf. Vermelha (12-20)	10 YR 2/2	78	3	4	15	4,95	280,1	1,12	3,65	1,62	0,98	0,53	12,1	7,37	7,90	19,47	37,9	6,7	46,22	15,35	31,5	2,87	403,6	2,8	2,57
<b>P23 – Lithic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic) – 4m</b>																									
A1(0 – 20)	10 YR 2/1	81	2	5	12	5,14	479,5	0,92	2,15	2,01	0,88	0,24	10,8	5,96	6,21	16,77	35,6	3,9	34,65	13,82	32,4	5,38	355,9	8,5	2,46
<b>P24 – Leptic Regosols (Ornithic, Sodic) – 2m</b>																									
A1(0 – 10)	7,5 YR 3/4	62	15	15	8	5,20	118,5	0,64	3,65	8,65	1,76	2,60	15,3	14,70	17,30	30,00	49,0	15,0	21,11	1,79	13,9	6,68	510,6	69,0	3,26
C1(10 – 20)	7,5 YR 2,5/2	80	5	10	5	7,26	87,1	0,56	1,77	15,7	1,80	0,00	1,3	19,83	19,84	21,14	93,9	0,0	8,96	0,90	34,4	7,14	243,6	259,9	2,95
C2(20 – 35)	7,5 YR 2,5/1	83	3	10	4	7,76	64,4	0,47	1,58	15,8	1,66	0,00	0,8	19,57	19,57	20,37	96,1	0,0	8,08	0,77	39,0	4,59	266,3	165,2	1,94
<b>P25 – Leptic Regosols (Ornithic, Sodic) – 1,5m</b>																									
A1(Superficial)	7,5 YR 2,5/3	63	14	16	7	6,95	97,1	1,08	4,74	14,2	3,62	0,00	4,1	23,63	23,63	27,73	85,2	0,0	20,06	1,92	26,7	13,9	347,1	302,3	5,34

C1f(5-15)	7,5 YR 2,5/2	73	6	14	7	7,84	122,7	0,97	4,65	14,9	2,95	0,00	0,5	23,53	23,53	24,03	97,9	0,0	19,78	1,02	35,3	8,51	383,8	242,9	3,60
C2f( 15 – 45)	7,5 YR 2,5/2	81	4	9	6	7,51	70,7	0,76	3,08	13,0	1,92	0,00	0,3	18,78	18,79	19,09	98,4	0,0	16,42	1,28	25,2	5,64	523,5	200,3	3,39
<b>P32 – Haplic Leptosols (Ornithic, Humic, Sodic) – 33,9m</b>																									
Ah (0 – 8)	10 YR 2/1	29	15	22	34	6,58	15,3	0,21	0,01	2,24	0,60	0,00	1,9	3,06	3,07	4,97	61,8	0,0	0,52	30,36	36,9	2,23	34,5	50,6	1,08
Bi fosfático (8 – 15)	10 YR 2/2	39	16	21	24	7,21	330,5	0,30	1,13	12,57	2,35	0,00	2,2	16,35	16,37	18,57	88,2	0,0	6,94	5,30	32,6	7,03	264,3	142,7	0,72
Contato lítico (15-30)	10 YR 2/2	38	10	23	29	7,17	323,2	0,33	1,28	15,49	2,42	0,00	1,9	19,52	19,52	21,42	91,1	0,0	6,58	4,65	32,1	6,36	168,9	58,9	0,89

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator Kcl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

## Solos criogênicos e ornitogênicos profundos em pinguineiras atuais e subatuais:

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
5	35	L>G	Turbic Histic Leptic Cryosol (Ornithic)	Ocupa pequeno platô plano na sela intermediária que conduz à crista basáltica de Sealers Hill, com blocos basálticos in situ e pedriscas de antigos ninhais; geoforma de depressão local, com crioturbação moderada e intensa cobertura vegetal cobrindo todo o solo; Solo com horizonte hístico de 0-12cm. Estrutura média a grande granular e tipicamente criogênico.	596843 3049810
8	14	M>G>L	Turbic Umbric Cryosol (Ornithic)	Solo formado em platô embutido entre as cristas basálticas de Sealers Hill, com blocos basálticos arredondados e in situ, e pedriscas de antigos ninhais; geoforma de manto de clastos superficiais alterados, sob crioturbação fraca e exuberante cobertura vegetal cobrindo todo o solo, dominada por almofadas enormes de musgos gigantes, com destaque para Sanionia e Andreae. Solo com horizonte hístico profundo, e provavelmente ornitogênico, mais desenvolvido e bem drenado. Solo hístico bem desenvolvido e ornitogênico antigo. Estrutura média a grande granular e tipicamente criogênico.	0596675 3049394
27	45,6	G>M	Haplic Leptosols (Ornithic, Humic)	Área fortemente ornitogênica, antiga, de paleoninhal de pingüins (parte baixa) e petréis e gaivotões (parte alta, hoje ainda existentes nas cristas voltadas ao norte); possui uma espessa cobertura vegetal que protege da erosão o fosfato formado e acumulado; área exposta aos ventos de sul; material de origem local é basáltico; intermediário para tufos e sedimentos, que ocorrem no platô abaixo.	594459 3050421
28	31,6	M>G>L	Haplic Leptosols (Ornithic, Humic)	Antiga pinguineira de Papua, voltada ao leste, quando o mar permitia acesso fácil, antes do soerguimento que criou o nível de terraço marinho mais baixo; situa-se abaixo do perfil P 27, atual ninhal de gaivotões e petréis, do qual já pode ter recebido aportes de fosfato laterais; o relevo é plano e forma um patamar de antigo ninhal, hoje inteiramente abandonado, apenas pingüins transitam a caminho das praias do sul; ossos de pingüins achados a 30 cm de profundidade, além de abundantes pedriscos de ninhais até 35 cm; Pinguineira de Papua antiga, no nível abandonado e plano mais alto; perfil de referência das Shetlands do sul; iluviação clara de MO em profundidade (espodização);	594460 3050422
29	33,9	L>M	Haplic leptosols (Ornithic, humic, Sodic)	Pequeno platô plano na borda do ninhal mais elevado de papuas, com elevado aporte lateral de fosfatos e cobertura de musgos morta e prasiola, dominante; nível poucos metros abaixo do perfil 28; material intemperizado com muito silte e argila indica sedimentos marinhos pelíticos, de cor amarela típica, ácidos e pobres; pouco cascalho em relação ao basalto e tufos; representa perfil de onitogênese típico dos sedimentos marinhos ácidos;	594303 3050387

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica*; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos criogênicos e ornitogênicos profundos em pinguineiras atuais ou subatuais

Horizonte cm	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>					cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>					%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>				
<b>P5 – Turbic Histic Leptic Cryosol (Ornithic) - 35m</b>																									
A1(Cobertura)	7,5 YR 3/3	31	24	25	20	5,43	44,2	0,09	0,54	1,34	1,27	1,49	13,0	3,24	5,12	16,63	21,8	29,1	18,12	14,07	18,1	1,40	174,0	6,9	0,55
A2h(15 – 20)	10 YR 3/3	31	15	29	25	5,40	8,1	0,17	0,56	3,55	0,59	2,94	16,2	4,87	8,21	21,47	24,5	35,8	11,57	5,12	15,1	1,36	144,5	10,4	0,34
Cg (20 – 30)	10 YR 5/1	22	9	40	29	5,74	31,9	0,41	0,56	8,84	3,65	2,70	9,9	13,46	16,56	23,76	58,3	16,3	5,73	0,77	22,5	1,68	45,0	15,1	0,41
<b>P8 – Turbic Leptic Cryosol (Ornithic, Skeletic) - 14m</b>																									
A1(0 – 8)	10 YR 2/2	36	26	18	20	5,46	81,7	0,13	0,42	0,39	0,14	0,96	13,2	1,08	2,05	14,29	7,6	46,8	20,72	23,25	15,0	1,23	442,3	2,1	0,50
A2E (8 – 20)	10 YR 2/2	28	12	16	44	4,99	25,3	0,20	0,31	0,50	0,27	0,92	11,6	1,28	2,20	12,88	9,9	41,8	14,17	35,52	22,2	1,50	258,8	2,2	0,53
B1(20-32)	10 YR 2/2	88	3	3	6	4,54	83,9	1,37	9,09	0,74	0,97	0,24	6,5	12,17	12,41	18,67	65,2	1,9	73,25	2,01	35,3	1,21	901,2	46,0	12,48
C1 (32 – 50)	10 YR 2/2	35	24	24	17	5,04	102,0	0,11	0,39	0,36	0,11	0,96	19,4	0,97	1,93	20,37	4,8	49,7	20,23	24,48	5,5	0,91	1098,6	2,0	1,20
C2 (50 – 70)	7,5 YR 2,5/3	39	24	18	19	5,14	84,3	0,12	0,41	0,46	0,10	0,72	18,8	1,09	1,82	19,90	5,5	39,6	22,89	12,30	3,1	0,76	896,6	6,7	1,88
C3 (70 – 90)	7,5 YR 2,5/3	40	22	22	16	5,25	94,4	0,12	0,36	0,60	0,14	0,77	18,4	1,22	2,01	19,64	6,3	38,3	18,34	11,17	2,4	0,72	1208,9	2,8	1,86
<b>P27 – Haplic Leptosols (Ornithic, Hemic) – 45,6m</b>																									
A1 histórico (0 – 12)	7,5 YR 2,5/2	64	13	10	13	5,11	56,0	0,12	0,47	1,17	0,93	1,69	9,2	2,69	4,39	11,90	22,7	38,5	10,77	20,02	29,8	2,14	255,2	10,6	1,05
AB histórico(12 – 17)	7,5 YR 2,5/2	65	15	8	12	5,13	66,9	0,15	0,47	1,27	0,94	1,11	8,7	2,83	3,94	11,53	24,5	28,2	12,00	20,02	27,4	1,91	174,6	8,6	1,04
Bi fosfático (17 – 30)	7,5 YR 2,5/3	50	22	16	12	5,00	152,1	0,14	0,64	1,29	0,90	2,17	17,5	2,97	5,14	20,47	14,5	42,2	12,49	11,95	7,9	1,75	357,5	4,5	3,01
C fosfático (30 – 40)	7,5 YR 2,5/3	48	24	13	15	4,68	142,6	0,17	0,89	1,06	0,66	1,88	16,2	2,78	4,67	18,99	14,7	40,3	19,06	9,04	7,7	1,85	491,0	3,8	2,99
<b>P28 – Haplic Leptosols (Ornithic, Hemic) – 31,6m</b>																									
A1(0 – 5)	10 YR 2/2	63	9	13	15	5,13	102,7	0,41	0,82	1,64	1,97	1,16	13,4	4,84	6,02	18,26	26,6	19,3	13,77	11,63	30,4	3,79	253,9	5,9	1,21
A2(5 – 10)	10 YR 2/2	48	20	20	12	5,37	876,1	0,74	1,42	7,04	3,82	0,63	18,1	13,02	13,65	31,12	41,8	4,6	10,41	5,17	22,1	12,73	318,7	28,4	6,71
B1(10 – 15)	10 YR 3/4	58	18	12	12	5,06	1003,3	1,25	1,30	4,05	1,65	1,78	25,3	8,25	10,04	33,56	24,6	17,7	12,96	3,36	25,2	8,60	391,6	16,3	11,18
B2(15 – 25)	7,5 YR 2,5/3	62	17	9	12	5,20	747,1	1,11	1,03	5,16	1,99	2,46	24,0	9,29	11,75	33,29	27,9	20,9	8,78	4,13	22,4	4,54	469,4	19,4	5,10
C1(25 – 30)	7,5 YR 3/4	56	18	14	12	5,17	791,5	0,16	1,11	6,22	2,11	3,18	24,0	9,6	14,23	35,05	31,5	22,3	7,80	2,07	22,3	5,94	576,0	28,4	5,59
Ch (30 – 40)	7,5 YR 4/3	39	8	20	33	5,17	328,8	1,34	0,79	3,98	3,01	5,73	24,5	9,12	14,85	33,62	27,1	38,6	5,32	1,42	20,0	3,48	362,8	24,6	2,92
<b>P29 – Haplic Leptosols (Ornithic, Hemic, Sodic) – 33,9m</b>																									
A1(0 – 3)	10 YR 4/4	63	4	15	18	3,87	1414,3	0,71	1,23	2,01	0,55	1,98	26,9	4,50	6,48	31,40	14,3	30,6	19,04	6,65	41,0	9,51	1048,1	6,0	9,38
A2(3 – 12)	10 YR 5/4	51	5	26	18	4,05	188,8	2,01	1,47	1,85	0,23	1,35	39,4	5,56	6,92	44,97	12,4	19,5	21,36	2,76	45,3	12,61	1617,0	6,7	14,09
C1(12 – 20)	10 YR 5/4	57	5	22	16	4,24	2543,3	1,88	1,65	1,30	0,16	1,35	37,1	4,99	6,34	42,09	11,9	21,3	26,07	2,26	45,6	13,21	1611,4	8,5	14,24
C2(20 – 30)	10 YR 5/4	51	10	23	16	4,18	2046,5	1,85	1,59	1,34	0,19	1,49	40,9	4,97	6,46	45,87	10,8	23,1	24,63	2,26	47,2	10,35	1544,7	8,3	11,56
C3(30 – 40)	10 YR 3/4	55	17	17	11	4,28	1028,2	2,31	1,34	1,36	0,29	2,07	36,7	5,30	7,38	42,01	12,6	28,0	18,26	2,64	45,4	3,04	850,9	3,3	8,83
C4(40 – 50)	7,5 YR 3/3	62	13	12	13	4,38	802,6	3,54	1,21	2,36	1,05	4,00	35,0	8,16	12,17	43,17	18,9	32,9	10,0	1,13	38,4	3,40	817,0	6,3	3,86

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

**Solos criogênicos rasos de rochas ígneas com líquens dominantes (felsenmeer, plutons, lavas):**

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
15	68	L>B>M	Umbric Leptosols (Ornithic, Skeletic)	Pequeno Platô elevado colonizado por líquens e briófitas em posição de topo da paisagem, com evidência de ninhal de Skuas, hoje inexistentes (ossos de pingüins e penas escuras); fosfatizado e com forte degradação do basalto subjacente pela ornitogênese; extensa cobertura vegetal ornitocoprófila e mista.	595283 3053353
21	28,5	L>B	Lithic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic)	Crista em parte basáltica e parte tufo vulcânicos próximo ao Cerro Negro, com intensa crioturbação e antiga fosfatização por ninhais esparsos de skuas e gaivotões; relevo pontualmente plano, mas próximo de escarpa íngreme com Usnea. Já foi uma área próxima do mar, com possível aporte antigo de guano. Estrutura granular a média bem desenvolvida.	601586 3050988
33	44,8	L	Haplic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic)	Topo do Cerro Smelie, a 45 metros de altura em platô basáltico escuro, onde ocorrem campos de matações antigos, sendo destruídos por gelifluxão atual; Morfologia de Tors basálticos, mas pouco resta da paisagem original; parece haver um nível delgado de fostato subsuperficial, fóssil (coletado); limite norte da jornada de hoje;	594755 3051820
35	79,3	U	Haplic leptosols (Skeletic)	Topo basáltico antigo com campo de matações em processo de destruição ativo por erosão; paisagem de Tors típica; solo raso (até máximo de 20 cm de profundidade); sem permafrost e sem fosfatização evidente (mas é possível algum enriquecimento ornitogênico antigo). Usneas velhas sobre os tors e muitos líquens crostosos indeterminados;	593613 3049989
38	132	U>M	Haplic Leptosols (Humic, Skeletic)	Topo mais elevado do Cerro Negro, em antiga cobertura vegetal dominada por Usnea, Himanthormia e musgo escuro em pequenas almofadas, encrostante nas fraturas de rocha; disjunção colunar dos basaltos controlam o intemperismo químico e físico. Parece haver um caráter reliquiar na cobertura e na feição geomórfica, evidenciado pelas feições típicas de intemperismo químico, com bolders e matações arredondados, com pouca crioclastia.	602387 3051275

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica*; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

- Características físicas e químicas dos solos criogênicos rasos de rochas ígneas com líquens dominantes (felsenmeer, plutons, lavas)

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol./dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>					
<b>P15 – Umbric Leptosols (Ornithic, Skeletic) - 68m</b>																									
A(3 – 10) (fosfático)	10 YR 3/4	67	11	10	12	4,82	223,1	1,02	1,53	3,82	4,83	4,19	21,0	11,2	16,46	33,27	36,9	25,5	15,81	3,49	28,5	3,16	251,8	13,1	5,48
AR(10 – 15)	7,5 YR 2,5/3	58	13	18	11	4,45	371,5	0,82	1,06	1,68	1,26	5,88	37,8	4,82	11,45	43,37	12,8	51,4	15,75	2,84	23,7	1,51	263,0	4,7	9,04
<b>P21 – Lithic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic) – 28,5m</b>																									
A1(0 – 10)	7,5 YR 2,5/2	52	13	27	8	6,16	166,6	0,43	1,29	2,72	1,64	0,34	9,2	6,08	6,43	15,29	39,8	5,3	20,20	2,94	9,0	0,97	299,2	6,0	2,85
CR(10 – 20)	7,5 YR 2,5/2	76	6	12	6	6,00	113,1	0,44	1,14	2,31	1,90	0,19	7,6	5,79	5,99	13,40	43,3	3,2	19,14	1,92	19,8	0,88	189,4	5,4	1,91
<b>P33 – Haplic Leptosols (Ornithic, Sodic, Skeletic) – 44,8m</b>																									
A1(0 – 5)	10 YR 3/1	60	10	14	16	7,22	25,0	0,78	3,78	11,57	10,39	0,05	1,6	26,52	26,59	28,14	94,3	0,2	14,24	0,65	38,3	0,71	310,4	68,3	3,02
C fosfático (5 – 13)	10 YR 3/1	50	12	19	19	6,98	25,7	0,52	3,78	9,36	11,04	0,00	1,6	24,70	24,71	26,31	93,9	0,0	15,32	0,78	38,3	0,67	320,4	40,5	1,94
<b>P35 – Haplic Leptosols (Skeletic) – 79,3m</b>																									
A1(0 – 12)	7,5 YR 2,5/1	61	16	19	4	7,76	12,6	0,34	3,19	12,88	6,73	0,00	0,5	23,14	23,14	23,64	97,9	0,0	13,80	0,64	31,3	1,93	499,3	40,5	6,26
<b>P38 – Haplic Leptosols (Humic,Skeletic) - 132m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 2/1	42	26	21	11	6,81	11,0	0,30	0,81	1,67	1,79	0,00	4,8	4,57	4,57	9,37	48,8	0,0	17,79	4,61	11,1	0,92	144,6	7,9	2,40
AC(10 – 30)	10 YR 2/1	46	26	19	9	6,85	11,5	0,31	0,85	1,68	1,61	0,00	4,1	4,45	4,46	8,56	52,1	0,0	19,11	3,58	12,9	0,96	145,3	8,4	2,49

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator Kcl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

### Solo criogênico túrbico não ornitogênico, com pouca vegetação:

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
26	23,3	L	Turbic Leptic Cryosol	Ambiente de semi-deserto polar, em vale encaixado onde a retomada erosiva expõe níveis de solifluxão carregados em antigo vale glacial que coalesce com o nível de terraço marinho mais antigo e elevado de Byers; ocorrência de sedimentos marinhos do Juro-Cret, muito pobres e destituídos de cobertura vegetal; aparente drenagem ácida, mas também possível pobreza química do material pelítico; solifluxão é muito ativa, bem como ravinamento e erosão periglacial; possível contribuição de tufos vulcânicos de Deception.	595233 3050232

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica* ; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007;  
Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

- Características físicas e químicas dos solos criogênicos túrbicos não Ornitogênicos com pouca vegetação

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>					
<b>P26 – Leptic Regosols – 23,3m</b>																									
A1(0 – 12)	10 YR 3/3	19	8	32	41	5,75	20,6	0,38	1,19	13,93	5,66	1,01	7,0	21,16	22,18	28,17	75,2	4,6	5,40	0,78	20,2	2,67	64,7	5,8	0,72
C1(12 – 20)	10 YR 3/6	10	7	38	45	5,66	10,7	0,25	0,81	12,88	3,72	6,79	22,6	17,66	24,45	40,26	43,9	27,8	3,32	0,90	4,0	1,45	89,4	3,0	0,54
C2(20 – 30)	10 YR 4/6	10	7	35	48	5,15	3,1	0,17	0,77	10,96	3,89	7,90	36,6	15,79	23,69	52,39	30,1	33,3	3,26	0,65	5,1	1,83	72,1	4,3	0,41
C3(30 – 50)	10 YR 4/3	19	3	30	48	4,77	3,6	0,14	0,57	7,44	1,01	11,90	39,6	9,16	21,06	48,76	18,8	56,5	2,72	1,03	5,3	2,49	160,1	8,8	1,94
C4(50 – 70)	10 YR 4/3	17	5	32	46	4,34	3,2	0,13	0,52	5,02	0,76	13,01	42,9	6,43	19,44	49,33	13,0	66,9	2,68	1,16	9,4	2,35	175,4	12,1	1,96
C5(70 – 90)	10 YR 4/4	9	10	36	45	3,42	1,9	0,13	0,48	3,26	0,48	13,69	46,1	4,35	18,05	50,46	8,6	75,8	2,67	1,16	8,6	1,93	385,8	8,3	0,61
C6(90 – 110)	10 YR 4/4	14	8	36	42	2,84	5,7	0,06	0,61	6,24	0,88	11,37	34,8	7,79	19,17	42,60	18,3	59,3	3,21	1,29	4,6	1,50	1179,7	10,5	0,50

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

**Solos criogênicos hidromórficos com padrões (solos poligonais ou estriados):**

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
37	70,5	M	Turbic Cryosols (Skeletal)	Local plano, com cabeceira de anfiteatro elevado, atualmente sendo dissecado por ravina frontal da escarpa que desce ao terraço marinho, formando um leque aluvial de sedimentos não selecionados; local de drenagem imperfeita e cobertura de campo de musgos, submetido a ativa solifluxão.	598296 3051544

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica* ; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos hidromórficos com padrões (solos poligonais ou estriados)

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol./dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>					
<b>P37 – Turbic Cryosols (Humic, Skeletic) – 70,5m</b>																									
A(0–8)	10 YR 2/1	31	32	29	8	7,19	21,4	0,24	0,83	6,45	5,96	0,00	3,2	13,48	13,50	16,70	80,8	0,0	6,22	3,07	29,9	0,80	176,7	17,8	1,55
AC(8 – 20)	7,5 YR 2,5/2	29	29	32	10	7,28	97,1	0,31	0,90	7,55	5,50	0,00	3,2	14,26	14,27	17,47	81,7	0,0	6,37	2,30	36,2	0,92	250,1	17,1	2,75
C1(20 – 30)	10 YR 2/2	34	22	34	10	7,45	67,9	0,27	0,7	11,02	6,48	0,00	1,6	18,47	18,48	20,08	92,0	0,0	3,79	0,90	38,0	0,78	156,0	11,6	2,08
C2(30 – 50)	10 YR 2/2	37	20	35	8	7,62	63,6	0,27	0,69	9,25	6,39	0,00	2,1	16,6	16,61	18,71	88,8	0,0	4,16	0,77	33,1	0,70	178,6	13,1	1,88

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator Kcl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

### Criossolos em superfícies com padrões (solos poligonais ou estriados):

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
11	67	M	Haplic Leptosols	Depressão com solos poligonais em posição inferior em poucos metros ao perfil 10, compondo uma típica toposequência de lagos do interior da Península de Byers; solos poligonais mapeados por Serrano, (patterned ground); material de origem é um depósito flúvio-lacustre de vale glacial colmatado, próximo à cabeceira da antiga geleira de circo. Os solos variam dentro dos polígonos, com material mais siltoso em situação mais rebaixada no interior, e mais pedregoso nas bordas, onde a topografia é mais saliente.	596540 3052440
12	92,2	L>M	Umbric Cryosols (Skeletal)	Platô estrutural em superfície crioplanada a leste de Chester Cone, formando felsenmeer de topo (padrão de solos poligonais) mais exuberante de Byers; polígonos de material siltoso no interior, com fragmentos de tufo liqüenizados na borda, e musgos nas microdepressões; drenagem indecisa, com kettle holes nas bordas, indicando termokarst; superfície crioplanada mais antiga de Byers.	598526 3053059
30	103	Rara	Gelistagnic Regosols (Skeletal)	MO iluvial em todo o perfil, advinda de crioturbação ativa, com fendas e polígonos em formação; MO altamente humificada e sem fibras discerníveis; origem algal ou liqüenica; perfil em borda de estrutura de colapso (kettle hole); perfil representa o típico do platô nos domínios mais siltosos/argilosos.	598784 3053114

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica*; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos criossolos em superfícies com padrões (solos poligonais ou estriados)

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu	
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>			cmol./dm <sup>3</sup>						%	dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>						
<b>P11 – Haplic Leptosols (fase solos poligonais) - 67m</b>																										
A1(0 – 8)	10 YR 3/1	67	7	12	14	6,92	38,6	0,39	0,70	5,38	4,10	0,00	2,4	10,57	11,08	13,48	82,2	0,0	10,82	1,51	25,6	2,38	136,3	11,1	2,25	
A2(8 – 20)	10 YR 2/1	66	9	11	14	6,57	22,2	0,46	0,50	10,44	2,46	0,00	1,1	13,86	14,22	15,32	92,8	0,0	6,05	1,76	38,9	2,22	385,4	54,3	0,95	
2Ah(20 – 30)	10 YR 2/1	56	14	18	12	7,29	29,3	0,32	0,63	13,05	2,87	0,00	0,6	16,87	17,32	17,92	96,7	0,0	6,17	1,13	31,2	2,86	697,8	42,3	1,67	
2C(30 – 40)	10 YR 3/3	54	17	17	12	7,19	23,7	0,26	0,48	10,48	2,26	0,00	0,3	13,48	13,82	14,12	97,9	0,0	5,91	0,88	32,6	2,21	554,7	32,0	1,39	
C3(40 – 60)	10 YR 4/1	57	7	20	16	7,36	27,8	0,25	0,40	13,34	2,98	0,00	0,5	16,97	17,26	17,76	97,2	0,0	4,01	1,26	30,2	2,24	412,9	36,9	1,28	
<b>P12 – Umbric Cryosols (Skeletal – fase solos poligonais) – 92,2m</b>																										
A1(0 – 8)	10 YR 3/3	26	52	15	7	7,89	60,5	0,56	1,47	4,69	4,13	0,00	0,8	10,85	10,86	11,66	93,1	0,0	13,61	0,63	33,9	2,42	579,5	28,0	1,86	
A/C(8 – 20)	10 YR 3/4	25	52	15	8	7,89	26,5	0,50	1,53	4,44	4,49	0,00	0,8	10,96	10,97	11,77	93,2	0,0	13,95	0,88	33,4	2,46	172,2	47,4	1,40	
C1(20-30)	10 YR 3/4	32	38	21	9	7,60	38,4	0,53	1,34	4,35	4,81	0,00	1,6	11,03	11,05	12,65	87,4	0,0	12,19	0,75	25,7	2,71	615,5	70,4	1,55	
C2(30-40)	10 YR 3/3	18	61	15	6	8,03	26,6	0,47	1,06	3,98	3,15	0,00	1,0	8,66	8,67	9,67	89,7	0,0	12,33	0,63	35,3	1,75	152,6	24,6	1,40	
C3(40-45)	10 YR 3/3	37	39	16	8	8,07	21,1	0,48	1,94	4,69	3,85	0,00	0,8	10,96	10,97	11,77	93,2	0,0	17,68	0,63	33,1	1,67	483,6	28,1	1,31	
<b>P30 – Gelistagnic Regosols (Skeletal) (fase solos poligonais) - 103m</b>																										
A1(0 – 10)	10 YR 5/1	24	22	46	8	7,79	38,7	0,47	1,46	5,95	5,20	0,00	0,6	13,08	13,09	13,69	95,6	0,0	11,23	0,75	38,6	2,88	784,9	39,4	2,28	
C1(10 – 20)	10 YR 4/1	27	21	43	9	7,79	33,6	0,43	1,17	5,60	5,01	0,00	0,8	12,21	12,21	13,01	93,9	0,0	9,61	0,88	34,4	2,71	864,3	28,1	1,87	
C2(20 – 40)	10 YR 4/1	30	28	31	11	7,96	31,3	0,40	1,30	5,92	4,39	0,00	0,5	12,01	12,01	12,51	96,0	0,0	10,86	0,88	37,1	2,95	813,0	28,1	2,09	
C3(40 – 50)	10 YR 3/1	30	29	30	11	8,41	30,5	0,41	1,28	5,04	3,78	0,00	0,0	10,51	10,53	10,53	100,0	0,0	12,22	0,38	36,6	3,13	530,3	80,8	2,33	

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator Kcl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)

**Solos criogênicos pedregosos, não ornitogênicos, em campos de Usnea nas cristas vulcânicas elevadas:**

Perfil	Altitude (m)	Vegetação	Classificação do solo	Descrição	Coordenadas (UTM – Zona 20)
1	128	L>H	Gelistagnic Leptosols (Ornithic, Skeletic)	Formado em pequeno platô estrutural situado abaixo de depósito de tálus que desce do Chester Cone com contribuição de fragmentos basálticos in situ e transportados. Fraco desenvolvimento de solos poligonais. Presença de depressões locais com briófitas e líquens muscícolas.	0598180 3053364
2	188	L>H	Haplic Leptosols (Humic, Skeletic)	Formado em pequeno platô sobre a crista basáltica do Chester Cone, com blocos basálticos in situ. Presença de mantos de clastos superficiais, sob forte crioturbação. Não há desenvolvimento de solos poligonais. Bem drenado	0598144 3053437
7	85	L>H	Gelistagnic Leptosols (Skeletic)	Solo formado em platô elevado e exposto aos ventos leste e sul, com extenso campo de Usnea sobre o campo de rochas geli-fraturados que leva a Sealers Hill. Não possui evidência de fosfatização, mas possui alguns ninhais de Skuas próximos, esparsamente distribuídos, Não possui permafrost,mas o processo de iluviação de MO é distinto; geoforma de manto de clastos superficiais angulosos alterados, sob forte crioturbação e intensa cobertura vegetal cobrindo todo o solo; há desenvolvimento de solos poligonais. Perfil bem drenado.	0596782 3049628
10	70	L	Haplic Leptosols (Skeletic)	Campo de rochas em superfície crio-aplainada que forma um lençol de fragmentos em felsenmeer; acumula neve mas possui boa drenagem.	597098 3051997
31	130	U>M	Leptic Regosols (Skeletic)	Permafrost ausente até 70 cm, mas possível ocorrência até 100 cm, ou entre 100-200 cm; solo crioturbado e espódico, com MO iluvial abaixo de 25 até 50 cm, e abaixo. Evidências tênues de seixos corroídos pelos ácidos orgânicos lixiviados.	598323 3053351

B – Briófitas; A – Algas; M – Musgos; -L – líquens; D – *Deschampsia antarctica* ; C – *Colobanthus quietensis*; WRB - 2007; Coordenadas UTM, zona 21S datum WGS 84

Características físicas e químicas dos solos criogênicos pedregosos, não ornitogênicos, em campos de Usnea nas cristas vulcânicas elevadas

Horizonte	Cor Úmida	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	pH H <sub>2</sub> O	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	CTC	m	ISNa	MO	P-rem	Zn	Fe	Mn	Cu
cm		dag/kg					mg/dm <sup>3</sup>				cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>				%		dag/kg		mg/l	mg/dm <sup>3</sup>					
<b>P1 – Gelistagnic Leptosols (Ornithic, Skeletic) – 128m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 3/3	36	17	36	11	6,52	226,7	0,30	1,37	5,74	2,27	0,05	4,8	9,68	9,74	14,49	66,9	0,5	14,07	2,71	7,2	2,95	356,2	40,0	4,86
A2(10 – 20)	10 YR 3/3	36	17	35	12	6,61	246,0	0,3	1,28	7,46	2,12	0,00	4,8	11,16	11,16	15,96	69,9	0,0	11,50	2,58	7,1	2,88	351,2	41,8	4,98
A3(20 – 30)(contato permafrost)	10 YR 3/2	27	33	30	10	7,01	64,8	0,27	1,19	2,59	1,08	0,00	4,0	5,13	5,15	9,15	56,3	0,0	23,24	3,10	14,1	1,42	320,2	51,5	3,13
<b>P2 – Haplic Leptosols (Humic, Skeletic) - 188m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 3/3	39	27	20	14	6,49	11,0	0,20	0,76	1,53	0,76	0,00	5,9	3,25	3,27	9,17	35,7	0,0	23,49	5,04	8,8	1,26	136,2	7,3	1,82
A2(10 – 20)	10 YR 2/1	36	29	21	14	6,72	13,1	0,22	0,89	1,94	0,95	0,00	4,6	4,00	4,02	8,62	46,6	0,0	22,36	4,13	8,9	1,50	164,3	17,3	2,88
A3(20 – 30)	10 YR 2/2	66	5	15	14	7,72	35,9	1,35	1,95	10,12	7,71	0,00	0,0	21,13	21,14	21,14	100,0	0,0	9,27	0,39	42,5	1,15	536,4	44,8	0,28
<b>P7 – Gelistagnic Leptosols (Skeletic) - 85m</b>																									
A1(0 – 5)	10 YR 2/1	29	38	19	14	7,25	34,1	0,43	1,42	2,18	2,33	0,00	5,6	6,36	6,37	11,97	53,2	0,0	22,30	7,43	17,5	1,76	313,1	25,5	1,41
A2E (5 – 12)	10 YR 2/1	41	30	17	12	7,44	14,5	0,38	1,19	2,14	2,19	0,00	5,2	5,90	5,91	11,11	53,2	0,0	20,25	4,20	18,7	1,23	113,6	12,3	0,80
A3h (12 – 25)	10 YR 2/2	58	16	12	14	5,98	20,5	0,43	1,34	1,54	2,14	0,05	5,7	5,45	5,50	11,15	48,9	0,9	24,45	8,40	24,8	1,11	257,6	11,6	0,68
C1(25 – 40)	10 YR 2/1	39	28	20	13	7,24	21,7	0,36	1,28	2,32	2,59	0,00	4,8	6,55	6,55	11,35	57,7	0,0	19,60	6,46	19,1	1,28	169,6	29,6	1,16
<b>P10 – Haplic Leptosols (Skeletic) - 70m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 4/2	52	9	20	19	6,82	26,8	0,34	1,34	7,77	4,63	0,00	2,7	14,08	14,09	16,79	83,9	0,0	9,54	0,78	32,2	2,45	135,4	106,2	0,46
AC(10 – 20)	10 YR 4/1	39	11	26	24	7,14	103,9	0,38	1,06	10,15	6,19	0,05	2,1	17,78	17,85	19,90	89,4	0,3	5,97	0,65	30,4	2,42	159,0	90,0	0,36
C1(20 – 30)	10 YR 4/1	40	11	23	26	7,18	73,1	0,32	0,93	9,97	4,83	0,05	2,1	16,05	16,11	18,16	88,4	0,3	5,81	0,39	34,5	2,06	126,7	134,7	0,21
<b>P31 – Leptic Regosols (Skeletic) - 130m</b>																									
A1(0 – 10)	10 YR 2/1	30	12	38	20	7,55	39,8	0,35	0,72	13,18	3,79	0,00	0,8	18,04	18,05	18,85	95,8	0,0	4,00	1,51	27,5	6,38	484,6	33,7	2,89
A2(10 – 20)	10 YR 2/1	32	27	30	11	7,18	385,1	0,31	7,27	2,51	4,00	0,00	5,1	14,09	7,78	12,88	60,4	0,0	12,19	4,02	10,7	3,84	532,8	84,1	4,47
C1(20 – 30)	10 YR 2/2	37	25	25	13	7,13	532,1	0,28	0,90	3,16	3,64	0,00	5,1	7,98	7,98	13,08	61,0	0,0	11,28	3,01	10,3	4,36	620,0	20,7	4,65
C2(30 – 40)	10 YR 2/2	45	19	24	12	7,08	620,7	0,28	0,94	3,68	3,76	0,00	4,6	8,66	8,68	13,28	65,4	0,0	10,92	2,51	10,6	5,05	698,1	15,2	5,09
<b>P36 – Leptic Regosols – 4,3m</b>																									
A1 (0 – 5)	10 YR 3/3	77	8	9	6	6,43	23,9	1,18	1,75	1,95	1,33	0,29	4,8	6,21	6,52	11,03	56,5	4,4	26,94	1,92	33,6	1,03	79,3	5,8	1,83
AC (5 – 20)	10 YR 3/2	85	8	3	4	6,47	40,9	1,46	2,17	2,41	1,78	0,10	3,3	7,82	7,92	11,12	70,3	1,3	27,40	0,64	37,7	0,54	111,3	3,9	1,08
C1 (20 – 30)	7,5 YR 2,5/1	80	8	7	5	6,97	48,9	0,96	2,34	3,14	3,24	0,05	2,5	9,68	9,73	12,18	79,5	0,5	24,10	0,64	36,5	1,05	113,3	3,7	2,33
C2 (30 – 40)	7,5 YR 2,5/2	84	11	4	1	6,60	65,1	0,64	0,94	2,45	2,01	0,00	2,2	6,04	6,05	8,25	73,3	0,0	15,67	0,51	39,0	0,65	122,6	5,3	1,29
Contato (40 – 60)	7,5 YR 2,5/3	81	6	9	4	6,46	68,2	0,57	2,21	2,85	2,46	0,00	3,2	8,09	8,10	11,30	71,7	0,0	27,33	0,90	31,8	0,81	157,1	7,5	2,00

P, Na, K, Fe, Zn, Mn, Cu (extrator Mehlich 1); Ca, Mg, Al (extrator KCl – 1 mol L<sup>-1</sup>); MO (matéria orgânica = C orgânico x 1,724 – Walkley-Black); H+Al (extrator acetato de cálcio 0,5 mol L<sup>-1</sup> – pH 7,0); SB (Soma de Bases trocáveis); CTC t (capacidade de troca efetiva); CTC T (capacidade de troca catiônica a pH 7,0); V (índice de saturação de bases); m (índice de saturação de alumínio); ISNa (índice de saturação de sódio); P-rem (fósforo remanescente)