

**UFRRJ**  
**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS**  
**AMBIENTAIS E FLORESTAIS**

**DISSERTAÇÃO**

**Solos Criogênicos da Porção Norte da Península Byers,  
Ilha Livingston, Antártica Marítima: Contribuições ao  
Monitoramento Ambiental**

**Pedro Adnet Moura**

**2010**



**INSTITUTO DE FLORESTAS**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E**  
**FLORESTAIS**

**Solos Criogênicos da Porção Norte da Península Byers,  
Ilha Livingston, Antártica Marítima: Contribuições ao  
Monitoramento Ambiental**

**PEDRO ADNET MOURA**  
*Sob a Orientação do Professor*

**Márcio Rocha Francelino**

*e Co-orientação do Professor*  
**Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre em Ciências**, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, Área de Concentração em Conservação da Natureza

**SEROPÉDICA**  
**MARÇO DE 2010**

## **Ficha catalográfica**

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO RIO DE JANEIRO  
INSTITUTO DE FLORESTAS**

**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS E  
FLORESTAIS**

**PEDRO ADNET MOURA**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre em Ciências, no Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em conservação dos recursos naturais.

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 30/08/2010

---

Dr. Márcio Rocha Francelino,  
Professor Adjunto, Departamento de Silvicultura, UFRRJ  
(Orientador)

---

Dr. Elpídio Inácio Fernandes Filho,  
Professor Adjunto, Departamento de Solos, UFV

---

Dr. Felipe Nogueira Bello Simas  
Pós Doutorando, Departamento de Solos, UFV

## **Agradecimentos**

Ao meu Mestre Jesus pela vida,

Ao Curso de Pós-Graduação em Ciências Ambientais e Florestais, área de Concentração em conservação dos recursos naturais.

Aos professores Marcio Rocha Francelino e Carlos Ernesto Schaefer pela oportunidade e orientação. Ao Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR), à CAPES pela concessão da bolsa e ao CNPq pelo financiamento do projeto. À Marinha Brasileira pelo apoio logístico aos trabalhos de campo.

Aos companheiros de Antártica Juçara Bordin, Adriano Spielmann, Bruno Mendonça, Lucas Poeirras, Francisco Petrone, Roberto Michel, Everton Poelking, Thiago, Ivan, Rogério Mercandelle e todos os demais amigos da Operação Antártica 27.

Ao professor e amigo Felipe Simas, Pedro Christo, Acauã, Aianã, Felipe Marzano, Miguel Ferraz, Julia Gaio, Maria, Joana, Gabriela, Lu, Tatiana, Alba, Meubles, Vitor, Cacá, Tainá e todos os amigos que me receberam tão bem em Viçosa. À querida Claudinha pela simpatia. À todos os funcionários do Departamento de Solos da UFV que me auxiliaram nas análises dos solos. À toda equipe do Laboratório de Geoprocessamento Geoflora.

À Família M4- Cobertura, em especial à família 432 e todos os amigos de Rural pelos bons momentos e convivência durante esses felizes anos.

Aos meus amigos e irmãos Bruno e Pedro Pagnoncelli e Luis Ireno, Marcello, Fernando, Gilberto e Edmar.

À minha querida Voca, tia Muiza, Artur e Cezar pela paciência e pelo abrigo durante esse período final.

Aos meus tios Gilberto e Rita pela recepção em Rosário. Aos meus Avós paternos Maria e Raul, tia Marinilce, Maico e Kennia.

À minha amada mãe Maria Clara, meu pai Gilson e meus irmãos Tom, Daniel e Alice pelo apoio e amor incondicional. A todos os que contribuíram de alguma forma

## SUMÁRIO

RESUMO .....	14
ABSTRACT .....	15
INTRODUÇÃO GERAL .....	1
CAPÍTULO 1- CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ECOSISTEMAS TERRESTRES DA PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA.....	3
RESUMO .....	4
ABSTRACT .....	5
1    INTRODUÇÃO .....	6
2    MATERIAL E MÉTODOS .....	7
3    RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	8
3.1. Clima .....	8
3.2. Geologia.....	8
3.3. Geomorfologia .....	14
3.3.1. Rampa de deposição de fragmentos ( <i>scree slope</i> ).....	17
3.3.2. Afloramento rochoso, escarpas e talus .....	17
3.3.3. Felsenmeer .....	18
3.3.4. Terraço marinho soerguido .....	20
3.3.5. Praias e planícies fluvioglaciais .....	21
3.3.6. Depósito glacial de till .....	22
3.3.7. Morainas .....	22
3.3.8. Solos com padrões (Patterned Ground) .....	23
3.4. Hidrografia.....	26
3.6. Fauna.....	36

4	CONSIDERAÇÕES FINAIS .....	38
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	39
CAPÍTULO II- SOLOS CRIOGÊNICOS DA PORÇÃO NORTE DA PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA .....		
		43
	RESUMO .....	44
	ABSTRACT .....	45
1	INTRODUÇÃO .....	46
2	MATERIAL E MÉTODOS .....	47
2.1.	Área de estudo .....	47
2.2.	Coleta e descrição dos perfis .....	52
2.3.	Classificação dos Solos .....	53
2.4.	Mapeamento dos solos .....	54
2.5.	Análises Químicas, Físicas e Mineralógicas .....	54
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	55
3.1.	Mapeamento dos Solos .....	55
3.2.	Caracterização geral dos solos .....	58
3.3.	Caracterização dos solos em função do material de origem .....	66
3.3.1.	Solos derivados de tufos vulcânicos .....	66
3.3.2.	Solos derivados de basalto .....	69
3.3.3.	Solos derivados de tufo vulcânico misto com brecha vulcânica e basaltos andesíticos .....	71
3.3.4.	Solos derivados de argilitos marinhos, arenitos e conglomerados .....	73
3.3.5.	Solos ornitogênicos .....	77
4	CONCLUSÃO .....	80
5	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	81

CAPÍTULO III - ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DA CAMADA ATIVA E ESTRUTURA DO PERMAFROST EM SOLOS COM PADRÕES, PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA .....	84
RESUMO .....	85
ABSTRACT .....	86
1 INTRODUÇÃO .....	87
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	88
2.1 Área de estudo.....	88
2.2 Instalação dos data loggers .....	91
2.3. Análise dos dados.....	91
2.4 Varredura com Georradar .....	92
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	93
3.2 Varredura com o georadar .....	101
4 CONCLUSÃO .....	102
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	103
CONCLUSÃO GERAL .....	106
ANEXO 1 .....	107



## Lista de Figuras

### Capítulo I

Figura 1. Localização da área de estudo na Península Byers .....	7
Figura 2. Mapa de geologia da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima. ....	9
Figura 3. Madeira fossilizada na Península Byers. ....	10
Figura 4. Detalhe do tronco petrificado evidenciando os anéis de crescimento. ....	10
Figura 5. Afloramento de basalto na parte central da península Byers (Chester Cone). ....	11
Figura 6. Fragmento de basalto da Península Byers. ....	11
Figura 7. Exemplo de tufos vulcânicos encontrados na península Byers. ....	12
Figura 8. Detalhe de tufo vulcânico, perfil 16. ....	12
Figura 9. Detalhe de fragmento de argilito marinho, perfil 13. ....	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
Figura 10. Detalhe de fragmento de brecha vulcânica, perfil 15. ....	13
Figura 11. Visualização 3D do modelo digital de elevação da península Byers. ....	15
Figura 12. Mapa geomorfológico da parte Norte da península Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima (adaptado de Lopez-Martinez , 1996). ....	16
Figura 13. Rampa de deposição de seixos (scree slope). ....	17
Figura 14. Escarpas rochosas e a formação de tálus em interface com segundo nível de terraço marinho na faixa norte do Promotório Ray. ....	18
Figura 16. Campo de felsenmeer. ....	19
Figura 16. Detalhe de felsenmeer constituído de lâminas de tufos (média 15 cm) e ajustados em formação petalar devido ao <i>up freezing</i> . ....	19
Figura 17. Terraço marinho soerguido na borda norte do Promotório Ray com linha de matacões estabilizando suas bordas. ....	20
Figura 18. Praias e planície fluvio-glacial (leque aluvial) em terraço marinho de 1 <sup>o</sup> nível. ....	21
Figura 19. Depósito de till nas proximidades da Geleira Domo Roth, ao fundo pode-se visualizar a moraina frontal da geleira. ....	22

Figura 20. Moraiana frontal da geleira Domo Roth.....	23
Figura 21. Felsenmeer com solo com padrão circular ordenado (sorted circular patterned ground). .....	25
Figura 22. <i>Felsenmeer</i> com solo com padrão circular ordenado ( <i>sorted circular patterned ground</i> ). .....	25
Figura 23. Vista de alguns lagos, com o Midge em primeiro plano. ....	27
Figura 24. Mapa de hidrografia da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima. ....	28
Figura 25. Imagem Landsat 5 da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima. ....	31
Figura 27. <i>Sanionia uncinata</i> (Hedw.) Loeske .....	32
Figura 27. <i>Colobantus quitensis</i> (Kunth) Bartl. ....	32
Figura 28. <i>Deschampsia antarctica</i> Desv. ....	33
Figura 29. Tapete de musgos cobrindo o solo em área de terraço marinho soerguido .....	33
Figura 30. Comunidade de <i>Usnea</i> sp. ....	34
Figura 31. Colonização de briófitas em <i>unsorted patterned ground</i> .....	34
Figura 32. Líquens de ocorrência comum na Península Byers. ....	35
Figura 33. Pinguineira de <i>Pygoscelis papua</i> e elefantes-marinhos ( <i>Mirounga leonina</i> ) na ponta Lair, Península Byers. ....	36
Figura 34. Pinguim antártico ( <i>Pygoscelis antarctica</i> ) na Península Byers. ....	37
Figura 35. Lobos marinhos ( <i>Arctocephalus gazella</i> ) na Península Byers. ....	37

## Capítulo II-

Figura 1. Mapa de localização e geologia da área de estudo. ....	48
Figura 2. Distribuição dos perfis nas diferentes litologias da porção norte da Península Byers... ..	52
Figura 3. Mapa de solos da península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima. ....	57
Figura 4. Difratoograma de raios X da argila natural do perfil 1. ....	67
Figura 5. Vista panorâmica do topo do Chester Cone. ....	68
Figure 6. perfil 1- Glacic Turbic Cryosol (Skeletal, Oxyaquic). ....	68
Figure 7. Paisagem do local onde o perfil 1 foi descrito. ....	68
Figura 8. Difratoograma de raios X da fração argila dos perfis 7 e 11, respectivamente. ....	69
Figura 9. Perfil 7 e paisagem. ....	70
Figura 10. Perfil 11 e paisagem. ....	70
Figura 11. Difratoogramas de raios X da amostras da argila natural para os perfis 16 e 18, respectivamente. ....	72
Figura 12. Perfil 16 e paisagem. ....	72
Figura 13. Perfil 18 e paisagem. ....	73
Figura 14. Perfil 13 e paisagem. ....	74
Figura 15. Perfil 13 e paisagem. ....	74
Figura 16. Perfil 20 e paisagem. ....	75
Figura 17. Perfil 23 e paisagem. ....	75
Figura 18. Difratoogramas de raios X da argila natural dos perfis 13, 14, 20 e 23. ....	76
Figura 19. Perfil 23 e paisagem. ....	78
Figura 20. Perfil 6 e paisagem. ....	78
Figure 21. Perfil 21 e paisagem. ....	78
Figura 22. Difratoogramas de raios X para a argila natural dos perfis 5 e 21. ....	79

### **Capítulo III-**

Figura 1. Localização do sítio de monitoramento do permafrost. ....	89
Figura 2. Local de Instalação dos sensores. ....	90
Figura 3. Varredura do solo com padrões com aparelho GPR. ....	92
Figura 4. Comportamento térmico da camada ativa no período 21 de Janeiro de 2009 à 15 de Fevereiro de 2010 (P1= centro e P2 = borda do círculo). ....	95
Figuras 5. Comportamento térmico do solo a profundidade de 10 cm ....	98
Figura 6. Comportamento térmico do solo a profundidade de 30 cm ....	99
Figura 7. Comportamento térmico do solo a profundidade de 50 cm, onde P1= centro e P2 = borda.....	100
Figura 8. Radargrama com antena de 400 MHz. ....	101
Figura 9. Radargrama obtido com antena de 900 MHz. ....	101

## **Lista de Tabelas**

### **Capítulo 1**

Tabela 1. Feições geomorfológicas da porção norte da Península Byers .....	14
--	----

### **Capítulo 2**

Tabela 1. Caracterização geral dos sítios estudados, agrupados segundo o material de origem .....	49
---	----

Tabela 2. Prefixos e sufixos qualificadores para os solos conforme o WRB (2007) .....	53
---	----

Tabela 3. Unidades de mapeamento e suas respectivas áreas. ....	55
---	----

Tabela 4. Atributos físicos dos solos da porção norte da península Byers .....	60
--	----

Tabela 5. Atributos químicos dos perfis coletados na península Byers .....	63
--	----

### **Capítulo 3**

Tabela 1. Comportamento térmico do ar e do solo (°C) no centro e na borda do círculo no período de 21 de janeiro de 2009 à 15 de fevereiro de 2010.....	94
---	----

Tabela 2. Dias de degelo ( <i>thawing days</i> ) no centro e na borda do círculo.....	96
---	----

Tabela 3. Dias isotérmicos ( <i>Isothermal days</i> ) no centro e na borda do círculo .....	97
---	----

Tabela 4. Dias de congelamento ( <i>freezing days</i> ) para o solo estudado.....	98
---	----

Tabela 6. Matriz de correlação para os dados de temperaturas .....	100
--	-----

## RESUMO

MOURA, Pedro. Adnet. **Solos da Porção Norte da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima: Contribuições ao Monitoramento Ambiental . 2010.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Os objetivos deste trabalho foram mapear e caracterizar os solos nos ecossistemas terrestres da parte norte da península Byers, a maior área livre de gelo do arquipélago da Shetlands do Sul (62°37' S, 61°06'W), buscando contribuir para o monitoramento e conservação ambiental na região. A geologia da península é constituída principalmente por argilitos, arenitos, conglomerados e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. Geomorfologicamente caracteriza-se pela presença de extensos terraços marinhos soerguidos pela compensação glacioisostática, além de praias e feições erosivas e deposicionais de origem glacial, assim como um sistema de drenagem bem desenvolvido. Foram amostrados e descritos 23 perfis de solo representativos da variação litológica da península. A vegetação foi descrita nos locais de amostragem de solo e revelou a colonização do *Leptogium puberulum* e *Placopsis* sp. na maioria dos ambientes da península. Nas áreas estáveis e secas são observadas comunidades de *Usnea* sp. e nas áreas com disponibilidade de água formam-se tapetes de *Sanionia uncinata* e *Polytrichastrum* sp. Nos terraços marinhos formam-se extensos tapetes de briófitas associadas com *Colobanthus quitensis* e *Deschampsia antarctica*. Os solos foram classificados segundo o sistema de referência WRB-FAO. Dos 23 perfis amostrados, 2 foram classificados como Fluvisol, 5 como Regosol, 6 como Leptosol e 10 como Cryosol. Os solos são em geral rasos e pedregosos, com textura predominantemente grosseiras e baixo conteúdo de argila. Entretanto, os solos derivados de argilitos marinhos apresentaram maiores conteúdos de argila. Dentre os perfis analisados, três apresentaram caráter ornitogênico, com teores elevados de P, baixos teores  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no complexo sortivo, pH ácido e alta atividade de Al. A grande maioria dos solos apresentou-se muito pobre em matéria orgânica, sendo os maiores teores observados nos solos ornitogênicos. As análises mineralógicas apontaram a presença de argilominerais 2:1 em todos os perfis estudados com predomínio de esmectita, clorita, ilita e interstratificados. Também foram detectados plagioclásio, quartzo e hematita. A presença de minerais 2:1 associada à textura grosseira evidencia o fraco desenvolvimento destes solos, assim como o predomínio do intemperismo físico sobre o químico na pedogênese da península Byers.

**Palavras chaves:** Permafrost, Camada Ativa, Solos, Mudanças Climáticas.

## ABSTRACT

MOURA, Pedro. Adnet. **Soils of North Side of Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctic: Contributions to environmental monitoring. 2010.** Dissertation (Master Science, Environment and Forestry Sciences, Nature Conservation). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

The aims of this study are to map and characterize the soils and the terrestrial ecosystems in the north side of Byers peninsula. Located at the western end of Livingston Island, the largest ice-free area in the South Shetland Islands (62°37' S, 61°06'W) , in the maritime Antarctic. The rocky outcrops in the peninsula are mainly mudstones, sandstones, conglomerates and volcanic and volcanoclastic rocks (Upper Jurassic to Lower Cretaceous), intruded by different igneous bodies. The geomorphology of Byers Peninsula is characterized by the presence of extensive raised marine platforms and beaches, jointly with erosive and depositional features of glacial origin. Soils were sampled and described on 23 pits in the all geological features. The vegetation was described throughout the soil sampling points and revealed the colonization of *Leptogium puberulum* and *Placopsis* sp. in most environments of the peninsula. In stable areas and droughts *Usnea* communities are observed and in the areas with availability of water, mats of mainly *Sanionia uncinata* and *Politrycastrum* sp. are formed. In the marine terraces occur extensive mats of bryophytes associated with *Colobanthus quitensis* and *Deschampsia antarctica*. Of the 23 profiles, 2 was classified in the class of Fluvisol, 5 as Regosol, 6 as Leptosol and 10 as Cryosol. The soils are little deep with coarse texture. Of these 23 profiles, 3 profiles showed character ornithogenic, lower pH, with very high concentration of P, lower content of Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, and high active of Al. Most soils were very low in organic matter. The DRX analysis showed the presence of 2:1 minerals (mainly smectites, chlorites and interstratified, illite) for all the profiles studied, also revealed the presence of the plagioclase, quartz and hematite. The presence of easily weathered minerals such as plagioclase in the clay fraction indicate the predominance of physical weathering on the chemical weathering in pedogenesis occurring in Byers Peninsula.

**Word Key:** Permafrost; Active layer; Soil, Climate Changes.

## INTRODUÇÃO GERAL

Conhecido como o continente dos superlativos por ser o mais frio, o mais seco, o mais alto, o mais isolado, o mais desconhecido e o mais preservado de todos os continentes, a Antártica é a região compreendida ao sul da latitude 60° S, incluindo o continente Antártico, as ilhas Sub-Antárticas e grande parte do Oceano Glacial Antártico (ATS,1961, UGOLINI e BOCKHEIM, 2007).

Esse continente possui uma área de aproximadamente 14 milhões de km<sup>2</sup>, em sua grande maioria permanentemente cobertos por um manto de gelo de 2,1 km de espessura média. A camada de mar congelado circundante possui superfície que varia entre 1,6 milhões de km<sup>2</sup>, no verão, e até 20 milhões de km<sup>2</sup>, no inverno. O volume do gelo antártico (aproximadamente 30 milhões de km<sup>3</sup>) representa cerca de 90% da Criosfera e contém aproximadamente 68% da água doce existente no planeta (TURNER et al. 2008).

O Tratado da Antártica, em vigor desde 1961 define que a Antártica será utilizada somente para fins pacíficos, com liberdade de pesquisa científica e promoção da cooperação internacional no continente, proibição de qualquer atividade de natureza militar, congelamento de reivindicações territoriais, proibição de explosões nucleares, de deposição de resíduos radioativos, visando à preservação do ecossistema antártico. Em 1991, realizou-se em Madri a XI Reunião Consultiva Especial do Tratado da Antártica, que aprovou o Protocolo sobre Proteção Ambiental para o Tratado da Antártica, que estabeleceu diversos procedimentos a serem seguidos na execução de pesquisas científicas e no apoio logístico às estações antárticas, visando a proteção da flora e fauna da região. Impôs, também, rigorosas regras e limitações à eliminação de resíduos e medidas preventivas contra a poluição marinha. Requerendo ainda, a aplicação de procedimentos para a avaliação do impacto ambiental das atividades desenvolvidas na região, inclusive aquelas não-governamentais ([www.ats.aq](http://www.ats.aq)).

O Brasil aderiu ao Tratado da Antártica em 1975 e, em 1982, com a criação do Programa Antártico Brasileiro (PROANTAR) (Decreto 86.830/82) e a instalação dos primeiros módulos da Estação Antártica Comandante Ferraz (EACF) no verão de 1983/84, tornou-se membro consultivo do tratado, ou seja, com direito a voto. Para isso, o país deve manter um programa substancial de pesquisa científica na região (Tratado da Antártica, artigo IX).

O período entre os anos de 2007 a 2009 foi escolhido pelo Conselho Internacional para Ciências (ICSU) e pela Organização Meteorológica Mundial (WMO) para a realização do IV Ano Polar Internacional (API), quando houve uma concentração de esforços de equipes de mais de 30 países na forma de pesquisas, com a finalidade de examinarem processos ambientais no Ártico e na Antártica e as conexões destas regiões com o restante do planeta, a biodiversidade, estado evolutivo e capacidade adaptativa dos organismos.

O presente estudo faz parte das pesquisas brasileiras no âmbito do Ano Polar Internacional, integrando o projeto Criosolos Austrais, que faz parte do Projeto Internacional *Antarctic Permafrost and Soils* (ANTPAS). O ANTPAS tem entre seus objetivos principais o mapeamento temático dos solos das áreas livres de gelo da Antártica e a instalação de uma rede de monitoramento do regime térmico da camada ativa, do permafrost e dos processos periglaciais buscando entender as respostas ambientais frente às mudanças climáticas na Antártica (<http://erth.waikato.ac.nz/antpas>).



Desta forma, este trabalho teve por objetivos gerais mapear e caracterizar os ecossistemas terrestres, os principais solos presentes na porção norte da península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima, bem como apresentar os resultados do primeiro ano do sítio de monitoramento térmico do solo visando contribuir para o entendimento dos principais processos periglaciais envolvidos na pedogênese e desenvolvimento da paisagem e assim contribuir para o monitoramento ambiental dos ecossistemas terrestres da Antártica marítima.

A dissertação foi estruturada em 3 capítulos, sendo no capítulo 1 abordados aspectos gerais dos ecossistemas terrestres que constituem a península. No capítulo 2 é apresentado o mapeamento e caracterização dos principais solos que ocorrem na porção norte e no capítulo 3 o estudo do comportamento térmico da camada ativa e estrutura do permafrost em solos com padrões na região central da península.

**CAPÍTULO 1- CARACTERIZAÇÃO GERAL DOS ECOSISTEMAS  
TERRESTRES DA PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGNTON,  
ANTÁRTICA MARÍTIMA**

## RESUMO

MOURA, Pedro. Adnet. **Caracterização Geral dos Ecossistemas Terrestres da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima. 2010.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Os objetivos deste trabalho foram caracterizar as principais feições dos ecossistemas terrestres da parte norte da península Byers, a maior área livre de gelo do arquipélago da Shetlands do Sul (62°37' S, 61°06'W). Indicada para proteção ambiental desde 1966 as áreas livre de gelo de Byers encontram-se inseridas integralmente nos limites da atual Área Antártica Especialmente Protegida N° 126 (ASPA-126). O clima ao nível do mar é Oceânico Frio, caracterizado por, precipitação freqüente, alta nebulosidade e temperatura média de -2 °C, durante o verão. A geologia da península é constituída principalmente por argilitos, arenitos, conglomerados e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. Geomorfologicamente caracteriza-se pela presença de extensos terraços marinhos soerguidos pela compensação glacioisostática, além de praias e feições erosivas e deposicionais de origem glacial, assim como um sistema de drenagem bem desenvolvido. A península Byers representa uma importante área para a realização de estudos limnológicos nas Ilhas Shetlands do Sul e região da península Antártica. São mais de 60 lagos e uma densa e variada rede de fluxos de degelo. A vegetação foi amostrada ao longo de 30 pontos onde foram coletadas 229 amostras de briófitas e 200 de líquens. O material coletado foi devidamente fotografado, herborizado e identificado por especialistas. A composição da vegetação nas áreas costeiras é mais diversa do que nas áreas mais elevadas e secas. São conhecidas pelo menos 56 espécies de líquens, 41 espécies de musgos, 5 hepáticas e as 2 únicas fanerógamas da Antártica, além de numerosas espécies de líquens e briófitas que ainda não foram identificadas, o que sugere que a área contém uma das representações mais diversas da flora conhecida na Antártica marítima. As comunidades de musgos são dominadas principalmente por *Sanionia uncinata*, que localmente forma carpetes contínuos que podem chegar a vários hectares. A presença de aves e mamíferos que se alimentam no ambiente aquático e aportam material orgânico nos ambientes terrestres, influenciam diretamente as relações tróficas e rotas de transferência de matéria e energia no ecossistema terrestre. A incorporação destes materiais orgânicos à matriz mineral dá origem aos solos ditos ornitogênicos, solos pedregosos, ácidos, com teores de P que podem chegar aos 2.700 mg/dm<sup>3</sup>. Nestes ambientes onde o intemperismo químico é notável e a pedogênese é mais acelerada, comparativamente às áreas não ornitogênicas, foram observadas algas macroscópicas terrestres, especialmente *Prasiola crista*, além de líquens ornitocóprofilos. Desta forma, os ecossistemas terrestres da península Byers, com grande diversidade de geofformas periglaciais interagindo com processos hidrológicos e biológicos, além de atributos geológicos relevantes e sítios arqueológicos importantes fazem da região um santuário natural antártico que deve continuar sendo preservado, assim como um importante sítio para o estudo de processos naturais em escala de paisagem, indicado para o monitoramento das mudanças climáticas que vem ocorrendo na Antártica marítima.

**Palavras chaves:** Ambientes periglaciais, mudanças climáticas, Ilhas Shetlands do Sul.

## ABSTRACT

MOURA, Pedro. Adnet. **General Characterization of the Terrestrial Ecosystems of Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctic. 2010.** Dissertation (Master Science, Environment and Forestry Sciences, Nature Conservation). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

The aims of this study are to map and characterize the main features of the terrestrial ecosystems in the north side of Byers peninsula. Located at the western end of Livingston Island, the largest ice-free area in the South Shetland Islands (62°37' S, 61°06'W) , in the maritime Antarctic. Recommended for environmental protection since 1966 the ice-free areas of Byers are fully inserted within the limits of current Antarctic Specially Protected Area N° 126 (ASPA-126). The atmosphere at sea level is Cold Ocean. During the summer is characterized by high rainfall and frequent cloudiness. The rocky outcrops in the peninsula are mainly mudstones, sandstones, conglomerates and volcanic and volcanoclastic rocks (Upper Jurassic to Lower Cretaceous), intruded by different igneous bodies. The geomorphology of Byers Peninsula is characterized by the presence of extensive raised marine platforms and beaches, jointly with erosive and depositional features of glacial origin. The vegetation was sampled at 30 points which were collected 229 samples of bryophytes and 200 lichens. The material was identified by specialists. The composition of the vegetation in coastal areas is more diverse than in higher and droughts areas. Are known at least 56 species of lichens, 41 species of mosses, liverworts and the 2 unique Angiosperms of Antarctica. The communities are dominated mainly by mosses *Sanionia uncinata*, which locally form continuous mats of up to several hectares. The presence of birds and mammals that feed on aquatic environment and increase organic matter in terrestrial environments, directly influence the trophic relationships and routes of transfer of matter and energy in terrestrial ecosystem. The incorporation of these organic materials to mineral matrix gives rise to ornithogenic soils, stony and acid soils, with P concentrations of up to 2700 mg/dm<sup>3</sup>. Thus, terrestrial ecosystems of Byers peninsula, with great diversity of periglacial landforms interacting with hydrological and biological processes, and geological attributes relevant and important archeological sites, make the region a antactic natural sanctuary that shall continue to be preserved, as well as an important site for the study of natural processes at the landscape scale, indicated for the monitoring of climate change that is occurring in the Antarctic sea.

**Word Keys:** Periglacial environments, climate changes, South Shetlands islands.

# 1 INTRODUÇÃO

A península Byers, compreende o extremo oeste da Ilha Livingston, que pertence ao Arquipélago das Shetlands do Sul (62°37' S, 61°06'W). Com uma área de aproximadamente 60,6 km<sup>2</sup>, representa a maior área livre de gelo do arquipélago (LOPEZ-MARTINEZ, 1996). A península Byers tem sido indicada como um sítio de referência internacional ideal para o estudo de processos naturais em escala de paisagem. Com grande diversidade de geofformas periglaciais interagindo com processos hidrológicos e biológicos, além de atributos geológicos relevantes e sítios arqueológicos importantes para a região Antártica (QUESADA et al., 2009).

Nos últimos 50 anos, ao longo da costa ocidental da península Antártica, a temperatura anual média subiu aproximadamente 2.5 °C e as temperaturas médias do ar no verão tem aumentado em 1.5°C (KING e HARANGOZO, 1998, DAY et al. 1999, XIONG et al. 1999, VAUGHAN et al., 2001). Estes valores são cerca de 4 vezes mais elevados do que a média global para o mesmo período (0,6 °C ± 0,2 °C) (VAUGHAN et al., 2001). Mais evidências de aquecimento regional vêm da redução significativa de geleiras ao longo da costa ocidental da península Antártica (SIMPSON, 2000, COOK et al., 2005). Nas ultimas 6 décadas, a maioria das geleiras das Ilhas Shetlands do Sul tem recuado (BIRKENMAJER, 2002; COOK et al., 2005).

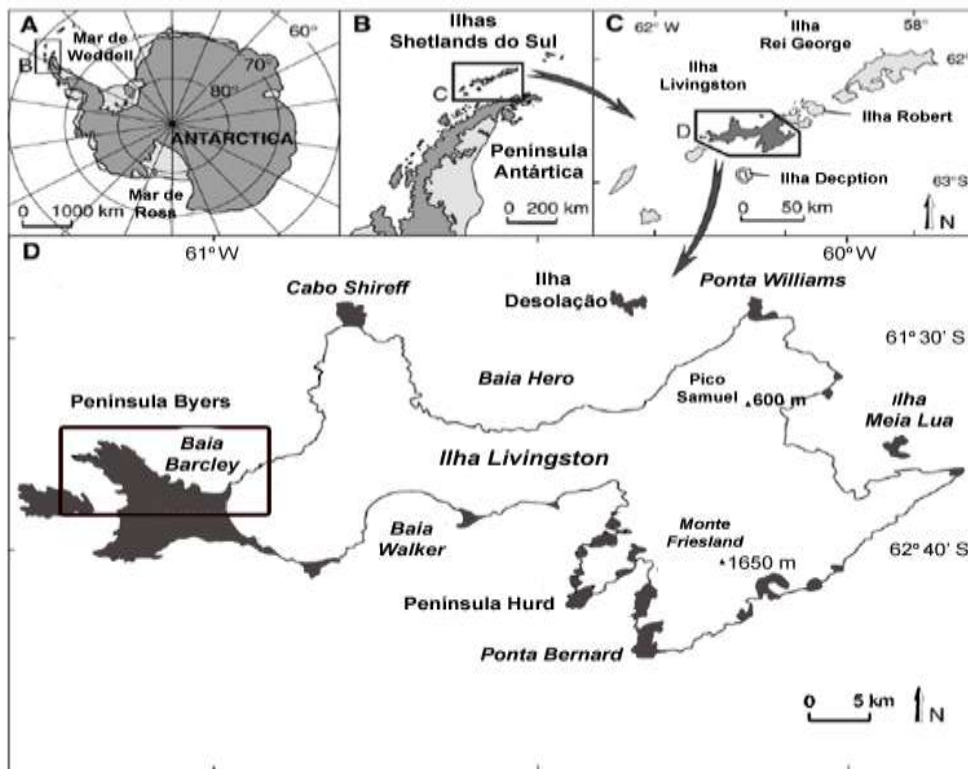
As alterações climáticas são consideradas um dos problemas mais importantes que as atividades humanas causam nas altas latitudes, uma vez que os ecossistemas dessas regiões são bem menos complexos do que os de ambientes de baixa latitude. Essa simplicidade os torna mais frágeis e, por isso, mais suscetíveis a danos ambientais permanentes, devido à lenta taxa em que os processos de reabilitação avançam (FRANCELINO, 2004, TURNER et al, 2008).

A área estudada no presente trabalho compreende a porção norte da península Byers (Figura 1), apresentando aproximadamente 3.416 ha (34,16 km<sup>2</sup>), integralmente inseridos nos limites da atual Área Antártica Especialmente Protegida N<sup>o</sup> 126 (ASPA-126).

A península Byers foi indicada para a proteção ambiental através da Recomendação IV-10 em 1966, na categoria de Área Especialmente Protegida N<sup>o</sup> 10 (SPA-10). Esta incluía as áreas da península Byers, a ilha Window e cinco pequenas áreas livres de gelo na costa sul imediatamente a leste de Byers. Com a publicação da Recomendação VIII-4 a área foi recategorizada como Sítio de Especial Interesse Científico (1975, SSSI N<sup>o</sup> 6), cujos objetivos eram principalmente proteger três pequenas áreas livres de gelo com geologias do Jurássico, sedimentos do Cretáceo e um estrato fossilífero de grande interesse para estudos das relações geológicas da Antártica com os demais continentes do hemisfério sul. Posteriormente, através de uma proposição do Chile e do Reino Unido foi publicada em 1991 uma recomendação redefinindo os limites da SSSI de maneira similar ao inicialmente proposto na SPA de 1966, ou seja, toda área livre de gelo da península à oeste da geleira Domo Roth, excluindo, entretanto, a ilha Window e as cinco áreas livre de gelo a leste da península, bem como as ilhotas e rochas *offshore*. A Recomendação XVI-5 considerou para a escolha do sítio a ser protegido, além dos atributos geológicos da área, a importância biológica e arqueológica da península.

Em julho de 2003 foi publicado no boletim 150 do Comitê Científico de Pesquisa Antártica (SCAR), o plano de manejo da Área Antártica Especialmente Protegida 126 (ASPA-126) apresentando as atuais diretrizes para gestão da península Byers (<http://www.scar.org/publications/bulletins/150/>).

Os objetivos deste trabalho foram descrever algumas das principais feições dos ecossistemas terrestres da península Byers buscando contribuir para o monitoramento e conservação ambiental na região.



**Figura 1.** Localização da área de estudo na Península Byers (adaptado de NAVAS 2008).

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

A caracterização das principais feições dos ecossistemas da península foi realizada pela descrição e observações de campo e revisão de estudos já publicados sobre a península Byers.

A vegetação foi caracterizada e amostrada ao longo de 30 pontos georreferenciados com GPS de navegação. Foram coletadas 229 amostras de briófitas e 200 de líquens em diferentes pontos de coleta (tanto para briófitas como para líquens), sendo que 23 pontos corresponderam aos perfis de solo e 7 foram pontos extras. O material coletado foi devidamente fotografado, herborizado e identificado por especialistas.

O modelo digital de elevação (MDE), foi obtido a partir da carta topográfica na escala de 1:25.000, elaboradas pelo Serviço Geográfico do Exército Espanhol (SGEE, 1992). O mapa geomorfológico da porção norte da península Byers na escala de 1:25.000, foi elaborado a partir de observações de campo associadas com o mapa produzido por Lopez-Martinez (1996) adaptado aos padrões definidos por Francelino (2004). A vetorização das unidades de mapeamento foi realizada no software Arcgis 9.3<sup>®</sup> (ESRI, 2010).

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Clima

O clima ao nível do mar é Oceânico Frio. Durante o verão é caracterizado por precipitação freqüente e alta nebulosidade. As médias diárias de temperatura são frequentemente positivas. De acordo com dados climáticos obtidos neste estudo, na península Hurd localizada na Ilha Livingston, na península Fildes e na Baía do Almirantado, localizados na Ilha Rei George, a média anual na Ilha Livingston é de -2 °C ao nível do mar e a precipitação de aproximadamente 800 mm (BLUMEL e EITEL, 1989; RAKUSA-SUSZCZEWSKI, 1993; BAÑÓN, 2001, 2004).

Em função destas características típicas de ambientes periglaciais, ocorre um pronunciado degelo no verão, proporcionando condições para uma pedogênese mais rápida comparativamente ao restante do continente, mais frio e seco.

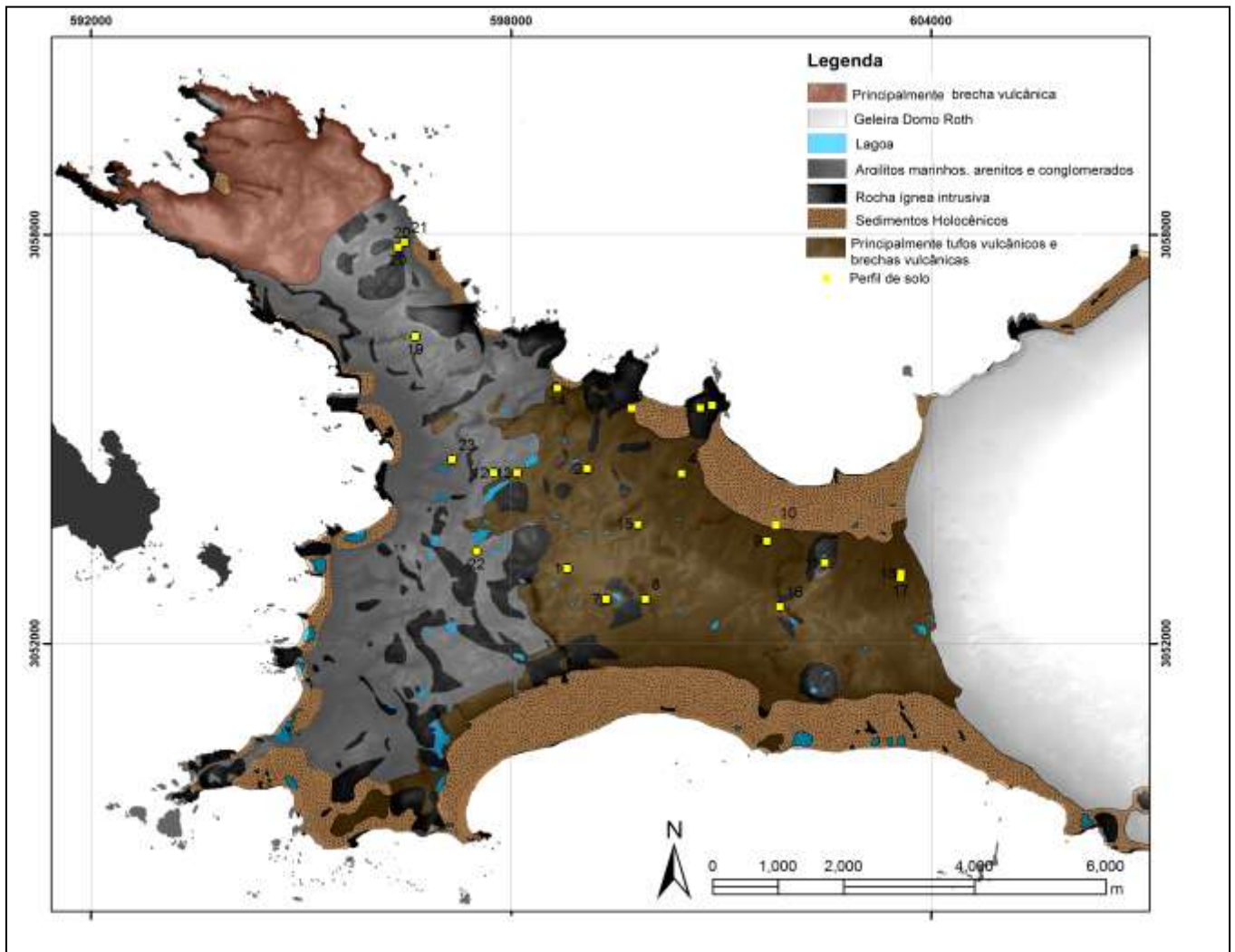
#### 3.2. Geologia

A península Byers é constituída principalmente por argilitos marinhos, arenitos, conglomerados e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas formadas nos períodos Jurássico Superior a Cretáceo inferior, com intrusões de corpos ígneos (SMELLIE et al., 1980; CRAME et al., 1993, HATHWAY e LOMAS, 1998). As rochas representam parte do complexo arco magmático do Mesozóico-Cenozóico, expostas em toda a península Antártica, embora mais extensivamente na península Byers.

A região interior da porção oriental da península, mais elevada, é cercada ao norte e ao sul por depósitos marinhos holocênicos. É predominantemente constituída por tufos vulcânicos, brechas vulcânicas, conglomerados, arenitos, argilitos e intrusões de plugs e soleiras vulcânicas em vários locais (Figura 2). A metade ocidental da península e a extensão NW que se estende para o Promotório Ray é constituída principalmente por argilitos marinhos do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior com arenitos e conglomerados e freqüentes intrusões de soleiras, plugs e outros corpos ígneos. A porção noroeste do Promotório Ray consiste basicamente de brechas vulcânicas.

Em muitos locais da península esses materiais se encontram misturados, principalmente nas proximidades de afloramentos de basalto, onde fragmentos destes, localizados próximo dos talus, cobrem fragmentos de tufos, e nas interfaces entre as formações, como ocorre nas áreas entre rochas pelíticas e o tufo vulcânico. Essa situação gera um ambiente pedológico em que o produto final pode apresentar diferentes influências.

A área possui alto valor geológico reconhecido em função das rochas ígneas e sedimentares expostas em Byers constituírem os registros mais completos do Jurássico e início do Cretáceo da parte norte do complexo do arco magmático do flanco do Pacífico e podem fornecer a chave da sucessão para os estudos da fauna de moluscos (CRAME 1984, 1995, CRAME e KELLY, 1995) e flora continental na região (HERNANDEZ e AZCÁRTE, 1971, PHILIPPE et al., 1995, DUTRA, 2004). Fósseis de árvores (Figuras 3 e 4) são facilmente encontradas na península, principalmente próximo dos afloramentos de basalto (Figuras 5 e 6). As figuras 7 e 8 apresentam exemplos de tufos vulcânicos, a figura 9 apresenta exemplo de argilito e a figura 10 um exemplo de brecha vulcânica encontrada na península Byers.



**Figura 2.** Mapa de geologia da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima.





**Figura 3.** Madeira fossilizada na Península Byers.



**Figura 4.** Detalhe do tronco petrificado evidenciando os anéis de crescimento.



**Figura 5.** Afloramento de basalto na parte central da península Byers (*Chester Cone*).



**Figura 6.** Fragmento de basalto da Península Byers.



**Figura 7.** Exemplo de tufo vulcânico encontrados na península Byers.



**Figura 8.** Detalhe de tufo vulcânico, perfil 16.



**Figura 9.** Detalhe de fragmento de argilito marinho, perfil 13.



**Figura 10.** Detalhe de fragmento de brecha vulcânica, perfil 15.

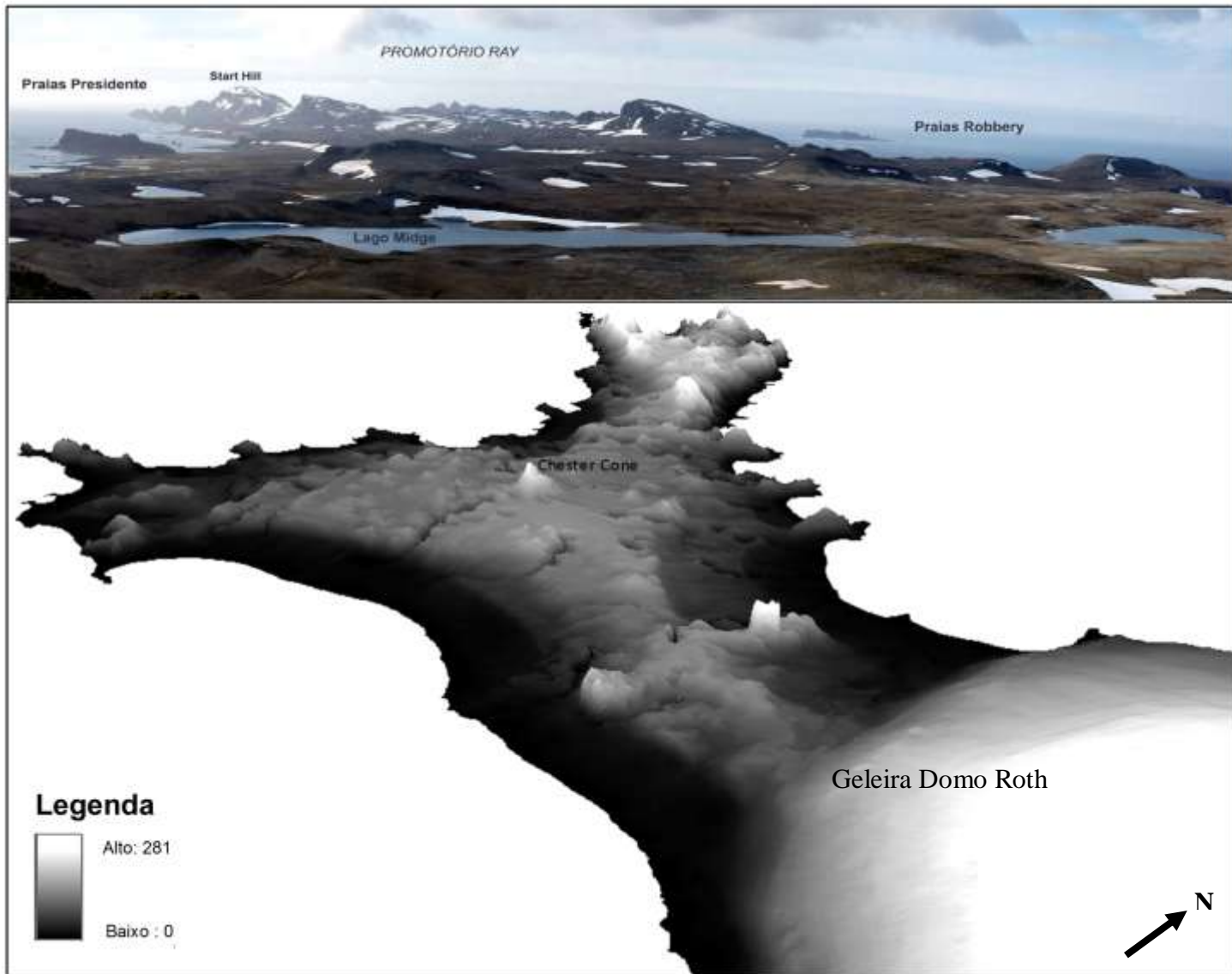
### 3.3. Geomorfologia

O relevo da península Byers é resultado da ação pretéria da erosão glacial, posteriormente remodelado pela erosão periglacial. O terreno mais movimentado ocorre no Promontório Ray, ao noroeste da península, constituído por penhascos íngremes que cercam a linha de costa ao norte do Promontório como a Colina Start Hill (265 m) à extremidade NW, representando o ponto mais alto da península. A figura 11 apresenta uma visualização tridimensional do modelo digital de elevação da península Byers e uma fotografia panorâmica tomada do Chester Cone na direção do promotório Ray.

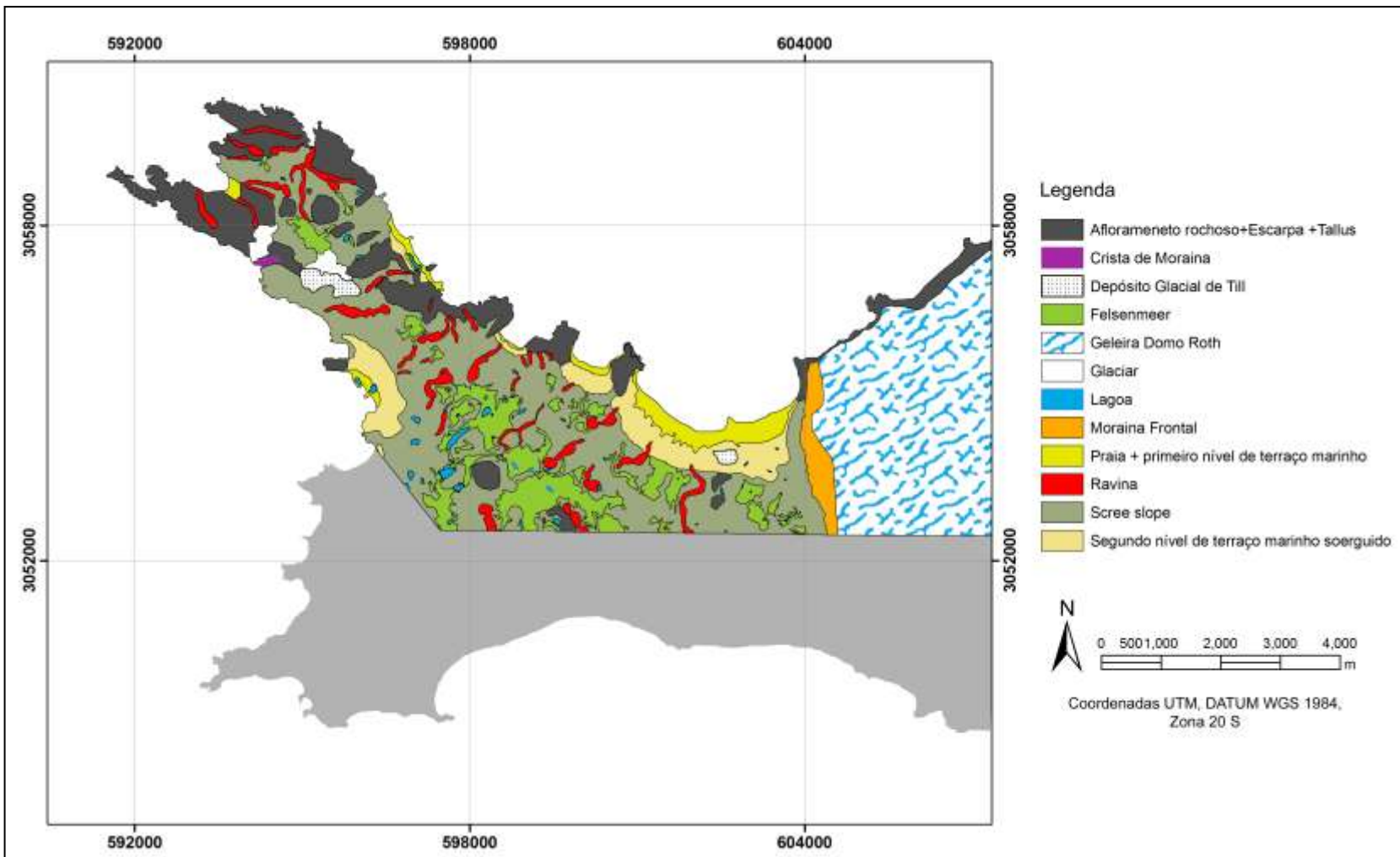
A costa da área mapeada tem um comprimento de aproximadamente 39 km, com uma extensa praia na faixa leste e vários trechos irregulares com promontórios, escarpas e diversos afloramentos rochosos próximos da praia. A feição mais abundante na área mapeada é a rampa de deposição de seixos (*scree slope*), que ocupa cerca de 32% da parte norte da península (Tabela 1) e é bem distribuídas por toda a península. Francelino (2004) encontrou resultado semelhante na península Keller, onde os *scree slope* também são a principal feição. Também merecem destaque as grandes áreas ocupadas por afloramentos rochosos associados a escarpas íngremes com formação de tálus em sua base, principalmente nas áreas costeiras e no Promotório Ray. As áreas estruturais e altas do planalto interior formam grandes áreas de relevo plano onde predominam a fragmentação *in situ* do leito rochoso (*felsenmeer*). Nos terraços marinhos sorguidos observa-se as comunidades de briófitas em associação com *Colobanthus quitensis* e *Dachampsia antarctica* mais vigorosas e extensas da área mapeada. A Figura 12 apresenta o mapa geomorfológico da porção norte da península Byers na escala de 1:25.000, gerado a partir de observações de campo associados com o mapa produzido por Lopez-Martinez (1996).

**Tabela 1.** Feições geomorfológicas da porção norte da Península Byers

Geoforma	Área	%
Scree slope	1576,5	31,6
Geleira Domo Roth	1333,5	26,8
Aflorameneto rochoso+Escarpa +Tallus	748,8	15,0
Felsenmeer	431,5	8,7
Segundo nível de terraço marinho soerguido	313,9	6,3
Ravina	210,4	4,2
Praia + primeiro nível de terraço marinho	151,5	3,0
Moraina Frontal	94,3	1,9
Depósito Glacial de Till	42,1	0,8
Glaciar	40,9	0,8
Lagoa	36,0	0,7
Crista de Moraina	5,3	0,1
Total geral	4984,7	100,0



**Figura 9.** Visualização 3D do modelo digital de elevação da península Byers.



**Figura 10.** Mapa geomorfológico da parte Norte da península Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima (adaptado de Lopez-Martinez , 1996).

### 3.3.1. Rampa de deposição de fragmentos (*scree slope*)

Essa feição (Figura 13) ocupa uma área de aproximadamente 1.576,5 ha (31,6 %) e está distribuída em toda a área de estudo. Correspondem aos campos de clastos superficiais submetidos a processos deposicionais sob diferentes graus de crioturbação. Em algumas áreas de crioturbação intensa formam-se solos estriados (*stone stripes*) com escassa cobertura vegetal, predominando o líquen *Leptogium puberulum*.

O relevo é suave ondulado a ondulado e o processo de erosão e movimentação de massa ocorre durante o período de verão com o derretimento da camada ativa. Em declives mais suaves podem formar-se campos de briófitas marcadas pela presença carpetes de *Sanionia uncinata*. As rampas de deposição ocorrem sobre diferentes litologias. Sobre tufos vulcânicos ocorrem grandes lascas angulosas e chatas, quase laminares. Nos basaltos, os fragmentos têm tamanhos dependentes do grau de fraturamento: lavas colunares (chaminés) produzem fragmentos em forma grosseiramente paralelepípedica; lavas em almofadas produzem blocos menores, arredondados; níveis de lahar e brechas produzem fragmentos subangulosos.

Foram observados nas rampas de deposição solos da classe dos criossolos, nas áreas mais altas submetidas à crioturbação intensa do interior da península, leptossolos nas áreas mais pedregosas e rasas e regossolos nas áreas onde os processos deposicionais ou a própria maior susceptibilidade do material de origem ao intemperismo propiciou o desenvolvimento de solos mais profundos.



**Figura 11.** Rampa de deposição de seixos (*scree slope*).

### 3.3.2. Afloramento rochoso, escarpas e talus

As áreas de afloramento rochoso associadas a escarpas íngremes e seus respectivos talus (Figura 14), ocupam uma área de aproximadamente 748,8 ha (15%), das quais as mais significativas ocorrem no Promotório Ray, onde expõem-se extensas áreas de rocha oriunda de atividade vulcânica, com formação de talus nas suas bases. Os tálus são constituídos por



fragmentos grosseiros, oriundos do intemperismo físico do material vulcânico oriundos dos afloramentos a montante e depositada na base das escarpas por ação gravitacional. Nas plataformas interioranas esses afloramentos ocorrem em tomadas vulcânicas isoladas de corpos ígneos basálticos como o *Chester Cone*.



**Figura 12.** Escarpas rochosas e a formação de tálus em interface com segundo nível de terraço marinho na faixa norte do Promotório Ray.

### 3.3.3. Felsenmeer

Constitui a quarta geoforma mais abundante do setor norte da península Byers com uma área de 431,5 ha (8,7%). São plataformas ou bancos de rochas derivadas de fenômenos crioclásticos, pelo forte intemperismo físico pós-glacial. Adotou-se o conceito de *felsenmeer* modificado por Francelino (2004) para que fosse possível incluir áreas com pequenas declividades (5 %) e transporte de curta distância, porém com fragmentação primordialmente *in situ*. A maioria dos *felsenmeer* na península Byers é aplainada em terrenos elevados, estando presentes nas superfícies estruturais (Figura 15), onde se desenvolvem notáveis formações solos poligonais. A desintegração física origina fragmentos de tamanhos diversos, em função de intensidade de fraturas e juntas. A maioria destas feições é encontrada na área dos tufos vulcânicos, cuja fragmentação laminar por vezes assume formas petalar (Figura 16).



**Figura 14.** Campo de felsenmeer.



**Figura 14.** Detalhe de felsenmeer constituído de lâminas de tufos (média 15 cm) e ajustados em formação petalar devido ao *up freezing*.

### 3.3.4. Terraço marinho soerguido

Feição marcante da península Byers, os terraços marinhos apresentam soerguimento devido aos movimentos glacio-isostáticos como resposta elástica da crosta frente ao derretimento de grandes massas de gelo, semelhante ao observado por Francelino (2004) na península Keller, na Ilha rei George.

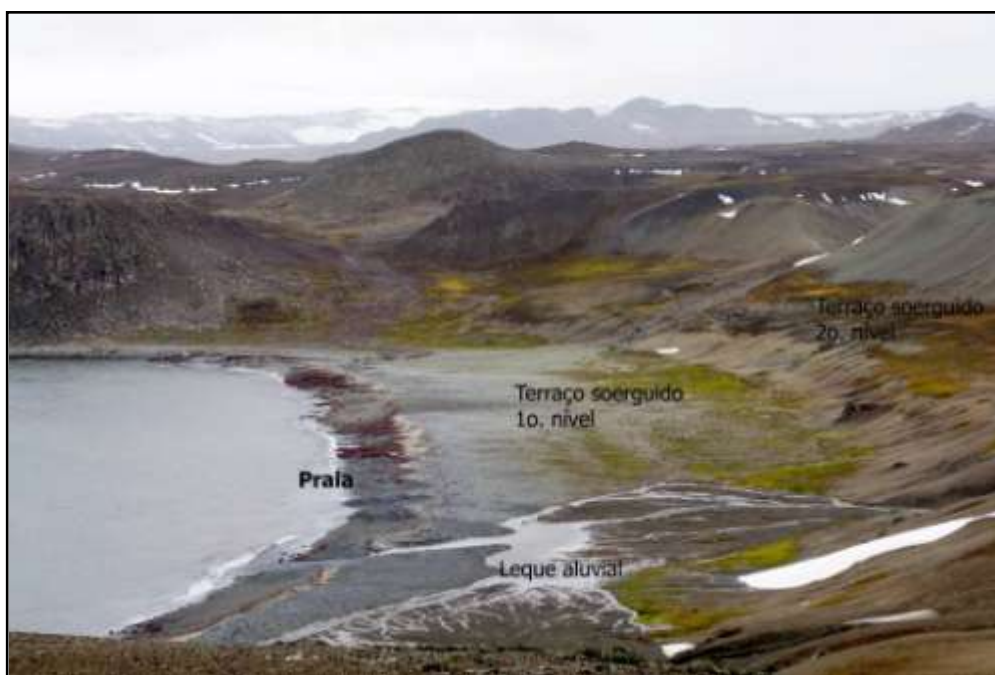
Os terraços marinhos da costa norte são extensos, atingindo até 1.100 m de largura (Figura 17). São observados 3 níveis de terraço, escalonados desde o nível do mar até a cota de 45 metros. A estabilidade das bordas dos terraços é mantida por linhas de matacões de basalto. Nessas áreas ocorre acúmulo de água de degelo, favorecendo o desenvolvimento de campos de briófitas e nas faixas mais próximas da praia são encontradas comunidades dominadas por *Deschampsia antarctica*, principalmente em áreas com influência de atividades da avifauna. No promotório Ray os níveis mais altos dos terraços marinhos soerguidos encontram-se cobertos por tálus que são formados a partir das escarpas de cristas basálticas.



**Figura 15.** Terraço marinho soerguido na borda norte do Promotório Ray com linha de matacões estabilizando suas bordas.

### 3.3.5. Praias e planícies fluvioglaciais

As praias do norte da península Byers são de extensão menor que as do sul, por vezes recortadas por afloramentos basálticos permitindo a formação de pequenas enseadas. Estas praias consistem em depósitos glaciais retrabalhados pela ação do mar e do vento, além de materiais depositados pelos fluxos de degelo nas planícies fluvioglaciais. Apresentam materiais arenosos e cascalhentos alternados com seixos rolados e matacões. Na faixa norte do promontório Ray existem lagunas utilizadas principalmente por lobos-marinhos (*Arctocephalus gazella*) e elefantes-marinhos (*Mirounga leonina*). Nas áreas costeiras de desembocadura de canais de degelo, observa-se a formação de ravinas profundas e leques aluviais que despejam e depositam sedimentos oriundos do interior da península, formando típicas planícies fluvioglaciais de drenagem anastomosada. 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 antarctica*. Os maiores leques aluviais estão localizados nos terraços próximos ao promontório Ray, com deposição de material basáltico (Figura 18).



**Figura 16.** Praias e planície fluvio-glacial (leque aluvial) em terraço marinho de 1º nível.

### 3.3.6. Depósito glacial de till

É encontrado em pequena área no terraço marinho na praia Robbery (Figura 19), próximo da moraina frontal da geleira Domo. É composta por diversos blocos em diferentes tamanhos, muitos dos quais estriados e arredondados, evidenciando transporte glacial. A maioria dos blocos é de material basáltico, mais existem alguns erráticos, principalmente de granito (riolito). Todos estão cobertos por líquens crustosos. Nas proximidades da borda sul do Promotório Ray ocorre uma segunda área de depósito de till. Entremendo os blocos maiores, em manchas descontínuas, observam-se comunidades de *Sanionia uncinata* e *Daschampsia antarctica*.



**Figura 17.** Depósito de till nas proximidades da Geleira Domo Roth, ao fundo pode-se visualizar a moraina frontal da geleira.

### 3.3.7. Morainas

Forma mais característica de depósitos glaciais formados adjacentes às geleiras. São geralmente classificadas quanto a sua posição em relação às geleiras, seu estado de atividade (ativo ou inativo) e processo de formação. A moraina mais significativa presente em Byers é a do tipo terminal, ainda ativa, da Geleira Domo Roth (Figura 20), formada por detritos glaciais em um formato arqueado que acompanha sua margem frontal. Ocupa uma área de 94,3 ha da porção norte definida neste estudo e sua crista pode atingir 25 m de altura. Outra Moraina foi mapeada na borda frontal de pequena geleira da face sudoeste do Promotório Ray.



**Figura 18.** Moraiana frontal da geleira Domo Roth.

### 3.3.8. Solos com padrões (Patterned Ground)

Solo com padrões é o termo utilizado para descrever as distintas formas geométricas, muitas vezes simétricas, formadas pelos terrenos em regiões de regime periglacial. Normalmente são encontrados em regiões do Ártico e da Antártica, também podem ser encontrados em outras regiões onde ocorre congelamento e descongelamento sazonal do solo, como em altas altitudes (PERKINS, 2003).

Esses solos podem ser encontrados em uma grande variedade de formas, a qual será determinada principalmente pelo relevo da área, pela quantidade e tamanho dos fragmentos de rochas presente no local e da frequência e intensidade dos ciclos de congelamento e degelo (KESSLER e WERNER, 2003).

De acordo com WASHBURN (1956) os solos poligonais podem ser classificados com base em: (a) sua forma geométrica, e (b) na presença ou ausência de ordenamento. A maioria das formas conhecidas são círculos, faixas e polígonos, redes e bancadas, todos podendo ser ordenados ou desordenados (*unsorted*). Desta forma reconhecem-se 10 categorias de solos com padrões.

O padrão *poligonal* pode ser formado em áreas de permafrost ou naquelas que são afetadas pelo congelamento sazonal. Os fragmentos que compõem estes anéis normalmente diminuem de tamanho com a profundidade (FRENCH, 1996; KESSLER e WERNER, 2003).

No padrão *circular* (Figuras 21 e 22), a forma varia de poucos centímetros até vários metros de diâmetro e geralmente ocorrem com os sedimentos finos no centro cercados por um círculo de pedras maiores. Os círculos não ordenados são semelhantes aos ordenados, mas em vez de serem cercados por um círculo de pedras maiores, são delimitadas por uma margem circular de vegetação (FRENCH, 1987; KESSLER e WERNER, 2003), que pode ser constituídas de musgos ou cianobactérias.

O padrão em bancadas (*Steps*) pode ser desenvolvido a partir de círculos e polígonos. Esta forma geralmente é um terraço que tem como característica um limite com fragmentos maiores

ou vegetação sobre o lado descendente, e pode consistir-se de qualquer material, ordenado ou não (FRENCH,1987; KESSLER e WERNER, 2003).

Faixas (*Stripes*) são linhas de pedras, vegetação e/ou solo que normalmente ocorrem a partir da transição de bancadas em rampas com declividade entre 2 ° e 7 °. As faixas podem consistir de qualquer material, ordenado ou não ordenado. Faixas ordenadas são linhas de grandes fragmentos separados por áreas de fragmentos menores, sedimentos finos, ou vegetação. As faixas não ordenadas normalmente constituídas por linhas de vegetação e solo que são separados pela superfície descoberta (FRENCH,1996; KESSLER e WERNER, 2003).

Uma rede (*nets*) refere-se a malha que é intermediária entre um polígono e um círculo (FRENCH,1996).

Os solos com padrões, embora pouco estudados na Antártica, são mais bem conhecidos para as condições árticas (RAYNOLDS *et al.*, 2008). Sua natureza intrigou os cientistas por épocas. Em seu trabalho clássico, WASHBURN (1956) *apud* FRENCH (1996) listou não menos do que 19 hipóteses para o desenvolvimento dos solos poligonais. Nos últimos 20 anos a utilização de modelos geológicos computacionais permitiu aos cientistas elaborar hipóteses mais aceitas para estes fenômenos provocadas principalmente pela crioturbação local. Entretanto nenhum modelo elaborado até hoje conseguiu explicar a formação de todas as variedades de padrões para todas as condições ambientais em que são observados (MANN, 2008).

Na Antártica os solos com padrões ocorrem amplamente distribuídos na paisagem das áreas livres de gelo, onde a superfície do terreno é coberta principalmente por padrão poligonal ou circular, como é o caso da península Byers (Figura 22), mais ou menos simétricos, geralmente de tamanho constante em todas as localidades, variando de 2 até 30 m de diâmetro. São mais freqüentes os de diâmetros de 3 a 4 m. Os limites das feições são marcados por depressões formadas nas intersecções dos polígonos que podem ter mais que 50 cm de profundidade ou podem ser elevadas formando montículos, enquanto os centros continuam sem distúrbios, exceto nas feições menores (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987).



**Figura 19.** Felsenmeer com solo com padrão circular ordenado (sorted circular patterned ground).



**Figura 20.** *Felsenmeer* com solo com padrão circular ordenado (sorted circular patterned ground).



### 3.4. Hidrografia

A península Byers representa uma das áreas mais importantes para a realização de estudos limnológicos nas Ilhas Shetlands do Sul e região da Península Antártica. São mais de 60 lagos e uma densa e variada rede de fluxos de degelo (TORO, 2007) (Figura 24).

O terreno suave em muitas partes favorece a retenção de água e a ocorrência de solos saturados é comum no verão. Entretanto, a capacidade de retenção de água dos solos rasos e pedregosos da península é limitada e muitos dos canais são frequentemente secos, com fluxo intermitente exceto nos períodos de substancial derretimento da neve ou onde eles drenam as geleiras (LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 1996).

A maioria dos fluxos drena neveiros sazonais e muitas vezes têm não mais que 5 a 10 cm de profundidade (ELLIS-EVANS, 1996). Os maiores fluxos podem atingir até 4,5 km de extensão com até 20 m de largura e 30 a 50 cm de profundidade, durante os períodos de degelo. Os canais que drenam para o oeste, muitas vezes formam desfiladeiros consideráveis e voçorocas de até 30 m de profundidade (ELLIS-EVANS, 1996). Acima das praias holocênicas os vales são suaves, com larguras de até várias centenas de metros.

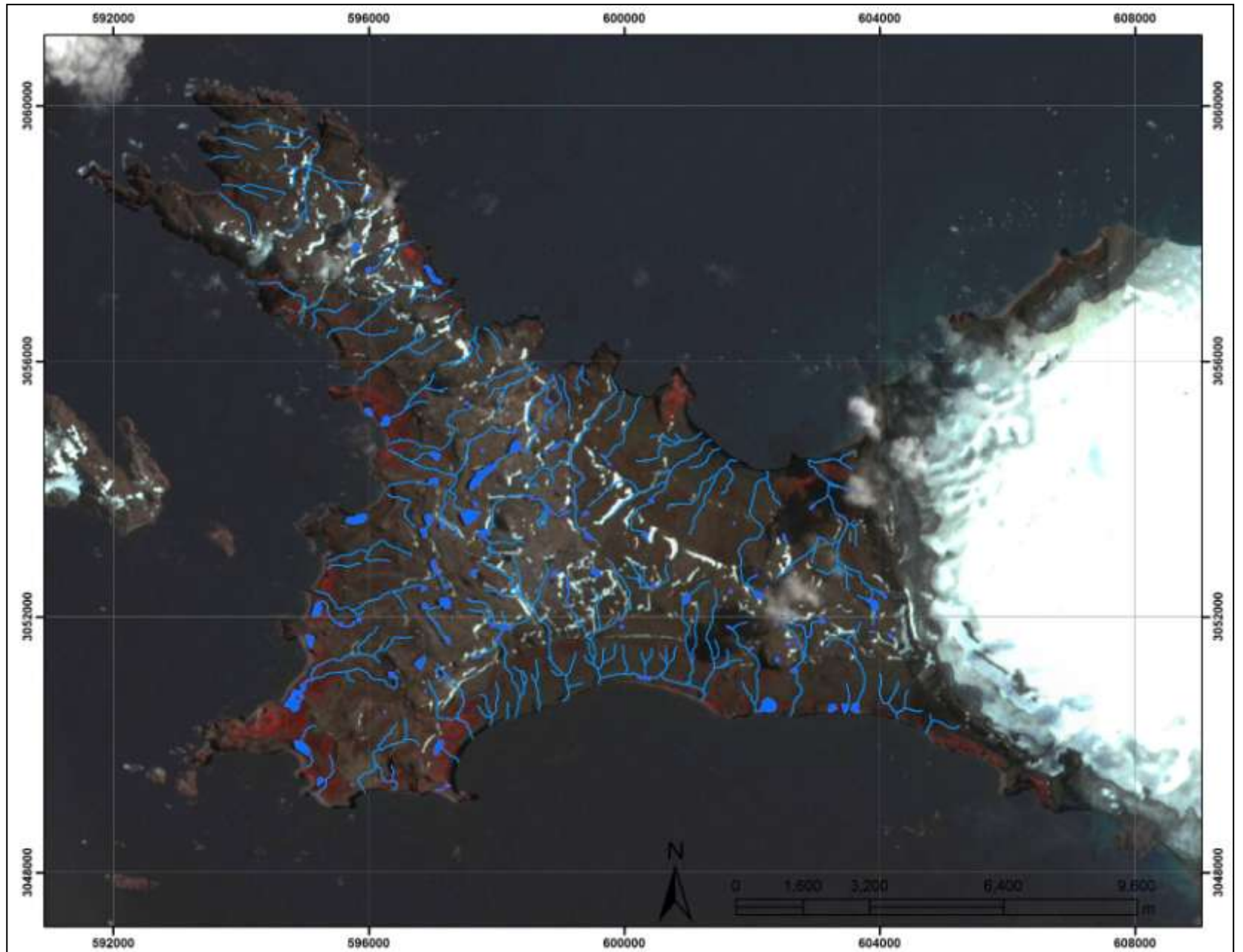
Os lagos são especialmente abundantes nas plataformas do interior da Península, nas cabeceiras das bacias de drenagem e nos terraços marinhos soerguidos próximos da costa. Os lagos interioranos são pobres em nutrientes e altamente transparentes. Em alguns deles, notavelmente o lago Chester Cone, a cerca de 500 m ao sul do Lago Midge, o maior da península (Figura 23), são encontrados comunidades de musgos aquáticos da espécie *Drepanocladus longifolius*. Grandes massas deste musgo são algumas vezes lavadas e depositadas ao longo de algumas partes da costa e podem servir como habitat oportunista da larva do mosquito *Parochlus steinenii*, única espécie de inseto alado da região Antártica (BONNER e SMITH 1985).

Os lagos são geralmente congelados até uma profundidade de 1 m a 1,5 m por 9 a 11 meses do ano, sob neve, embora a superfície de alguns dos lagos mais altos permanecem congelados durante todo o ano (ELLIS-EVANS, 1996, LÓPEZ-MARTÍNEZ et al., 1996). Nos níveis mais elevados do platô central, canais pequenos e rasos fluem lentamente entre os lagos drenando grandes áreas planas cobertas com um fino tapete (3-10 cm) de cianobactérias de *Phormidium* sp.

Lagos de águas salgadas ocorrem próximo a costa, particularmente nas Praias Robbery, onde estas são utilizadas pelos elefantes marinhos (*Mirounga leonina*) ficando altamente enriquecidas com matéria orgânica (ELLIS-EVANS, 1996).



**Figura 21.** Vista de alguns lagos, com o Midge em primeiro plano.



**Figura 22.** Mapa de hidrografia da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima.

### 3.5. Vegetação

Apesar de não ocorrer abundantemente em toda a península, especialmente no interior, as comunidades vegetais nas áreas livres de gelo de Byers são constituídas predominantemente por briófitas e líquens, além de algas e cianobactérias (LINDSAY, 1971). São conhecidas pelo menos 56 espécies de líquens, 41 espécies de musgos (OCHYRA *et al.* 2008), 5 hepáticas e as 2 únicas fanerógamas da Antártica, além de numerosas espécies de líquens e briófitas que ainda não foram identificadas. Isto sugere que a área contém uma das representações mais diversas da flora conhecida na Antártica marítima (LINDSAY, 1971).

Das 41 espécies de musgos ocorrentes em Byers, 15 são conhecidas apenas para esta península, não tendo registro de ocorrência em outro local da Ilha Livingston. *Drepanocladus longifolius* (Wilson ex Mitt.) Broth. ex Paris é considerado raro nas Shetlands do Sul, tendo sido citado unicamente para Byers. A maioria das espécies de musgos ocorrentes em Byers, no entanto, também é conhecida para outras áreas nas Shetlands do Sul. Entre as espécies consideradas cosmopolitas e com distribuição geográfica mais ampla destacam-se: *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Smith, *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Bryum pseudotriquetum* (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey & Scherb., *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske e *Sanionia georgicouncinata* (Müll. Hal.) Ochyra & Hedenäs (OCHYRA *et al.* 2008).

Dentre os líquens são consideradas raras as espécies *Himantormia lugubris*, *Ochrolechia parella*, *Peltigera didactyla* e *Pleopsidium chlorophanum* (LINDSAY, 1971).

O desenvolvimento da vegetação é maior na costa sul do que na norte. Nos extensos terraços marinhos próximos da praia Presidente e Praias do Sul podem ser observadas comunidades abertas dominadas principalmente por *P. alpinum*, *Polytrichum piliferum* Hedw., *Ceratodon purpureus* (Hedw.) Brid., *Pohlia nutans* (Hedw.) Lindb. e diversos líquenes crostosos.

As comunidades de musgos são dominadas principalmente por *S. uncinata*, que localmente forma carpetes contínuos que podem chegar a vários hectares. A composição da vegetação nas áreas costeiras é mais diversa do que nas áreas mais elevadas e secas. No interior da península, nos fundos de vale formam-se ambientes úmidos com *Brachythecium austrosalebrosum* (Müll. Hal.) Kindb., *Campylium polygamum* (Schimp.) Lange & C.E. O. Jensen, *S. uncinata*, *Warnstorfia sarmentosa* (Wahlenb.) Hedenäs e *Warnstorfia sp.*

Em contraste, os carpetes são menos expressivos na costa norte, salvo pelo crescimento de *Sanionia* nos terraços soerguidos de até 12 m de altitude, e de líquens principalmente dos gêneros *Acarospora*, *Buellia*, *Caloplaca*, *Verrucaria* e *Xanthoria* na parte baixa dos terraços marinhos (2-5 m) e com *Sphaerophorus*, *Stereocaulon* e *Usnea*, que se torna dominante com o aumento da altitude.

Nas encostas bem drenadas ocorrem *Bryum pseudotriquetum* (Hedw.) P. Gaertn., B. Mey & Scherb., *Ditrichum sp.*, *Pohlia sp.* e *Schistidium sp.* É comum em tufos isolados a presença de líquens como *Placopsis contortuplicata* e *Leptogium puberulum*, cianobactérias como *Nostoc commune*. *Placopsis contortuplicata* ocorre nos habitats pobres em nitrogênio do interior da península, em substrato com algum grau de distúrbio como soliflucção. Muitas vezes é a única espécie a colonizar os pequenos fragmentos de rocha dos solos com padrões. Distribuídos de forma difusa, quase esférica, tufos de *Andreaea regularis* Müll. Hal., *Bartramia patens* Brid. e *Ditrichum sp.* são encontrados nos solos bem drenados.

Na superfície da península, os afloramentos rochosos são colonizados principalmente por líquens, especialmente nas áreas próximas à costa. Como essas áreas são estáveis, permitem um notável crescimento de *Himantormia lugubris* e *Usnea aurantiaco-atra*, que podem crescer

associados ao musgo *Andreaea gainii* Cardot, com uma cobertura do substrato de até 80% (LINDSAY, 1971).

Na costa sul os carpetes de musgos são comumente colonizados por líquens epífitas, tal como *Leptogium puberulum*, *Peltigera rufescens*, *Psoroma* spp., junto com *Coclocaulon aculeata* e *C. epiphorella*.

Nas escarpas próximas à costa dominam *Caloplaca* e *Verrucaria* spp. Nas superfícies mais baixas expostas ao spray marinho, com altitude de até 5 m, ocorrem espécies nitrofilicas, como *Caloplaca regalis*, *Haematomma erythromma* e *Xanthoria elegans*, que muitas vezes também dominam locais com cotas mais elevadas, onde as aves marinhas frequentemente nidificam. Em outras superfícies escarpadas, geralmente formam-se comunidades do líquen crostoso *Ramalina terebrata* (LINDSAY, 1971).

Uma variedade de líquens ornitocoprófilos, tais como *Catillaria corymbosa*, *Lecania brialmontii*, e espécies de *Buellia*, *Haematomma*, *Lecanora*, e *Physcia* ocorrem nas rochas próximas a ninhais, juntamente com os líquens foliosos *Mastodia tessellata*, *Xanthoria elegans* e *X. candelaria*, usualmente predominante nos blocos rochosos.

A gramínea *Deschampsia antarctica* é comum em vários locais, principalmente nas regiões costeiras. A cariofilácea *Colobanthus quitensis* frequentemente é observada associada à *Deschampsia antarctica*. Ambas as espécies ocasionalmente formam povoamentos puros com tapetes espessos de *Brachythecium* sp. e *Sanionia* sp. embora raramente ocorram acima dos 50 m de altitude (LINDSAY, 1971).

Na imagem do sensor ETM+ do satélite Landsat 7 (Figura 26) em composição de bandas 4-3-2 com resolução espacial de 30 m fusionadas com a banda pancromática de resolução de 15 m, foi possível a visualização da distribuição espacial das comunidades vegetais mais expressivas de Byers. Todas as áreas em vermelho representam as áreas com vegetação mais expressivas.

As figuras 26, 27, 28, 29, 30, 31 e 32 ilustram algumas espécies e comunidades vegetais de Byers.



**Figura 23.** Imagem Landsat 5 da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima.



**Figura 25.** *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske (Foto: Jussara Bordin)



**Figura 25.** *Colobantus quitensis* (Kunth) Bartl. (Foto: Juçara Bordin)



**Figura 26.** *Deschampsia antarctica* Desv. (Foto: Juçara Bordin)



**Figura 27.** Tapete de musgos cobrindo o solo em área de terraço marinho soerguido (Foto: Juçara Bordin).





**Figura 28.** Comunidade de *Usnea* sp. (Foto: Pedro Adnet).



**Figura 29.** Colonização de briófitas em *unsorted patterned ground* (Foto: Pedro Adnet)



*Cladonia borealis* Stenroos



*Cladonia* sp.



Líquen crostoso



*Leptogium puberulum* Hue



*Ocholechia frigida* (Sw.) Lynge



*Placopsis antarctica* Galloway, Lewis-Smith & Quilhot

**Figura 30.** Líquens de ocorrência comum na Península Byers. (Fotos: Adriano Spielmann)

### 3.6. Fauna

A presença de aves e mamíferos (Figura 33) que se alimentam no ambiente aquático e aportam material orgânico nas formas de guano, urina, penas, casca de ovos, pêlos, restos animais e vegetais e conchas nos ambientes terrestres influenciam diretamente as relações tróficas e rotas de transferência de matéria e energia no ecossistema terrestre (RAKUSA-SUSZCZEWSKI, 1993; SIMAS, 2007) A incorporação desses materiais orgânicos à matriz mineral dá origem aos solos ditos ornitogênicos (TATUR, & MYRCHA, 1989, 1993).

A avifauna da Península Byers é diversa, embora as colônias geralmente não sejam grandes. Duas espécies de pingüins colonizam a área: o antártica (*Pygoscelis antarctica*) (Figura 34) e o papua (*Pygoscelis papua*). Embora amplamente distribuídos na região, os pingüins adélia (*P. adeliae*) não têm sido observados nidificando em Byers ou nas ilhotas *off shore*. (CROXALL e KIRKWOOD 1979, WOEHLER 1993). Os pingüins, que formam anualmente colônias com milhares de indivíduos representam a fonte mais importante de aporte de matéria orgânica nos ecossistemas terrestres da Antártica marítima (UGOLINI, 1972 *apud* SIMAS, 2007).

Além destes podem ser encontradas na Península Byers populações de trinta-réis-antártico (*Sterna vittata*), alma-de-mestre (*Oceanites oceanicus*), pombo-do-cabo (*Daption capense*), gaivotão (*Larus dominicanus*), petrel-gigante (*Macronectes giganteus*), painho-de-barriga-preta (*Fregetta tropica*), cormorão-imperial (*Phalacrocorax atriceps*), skuas (*Catharacta loennbergi*), e o pombo-do-mar-de-bico-amarelo (*Chionis alba*) (SCAR, 2003). Dentre os mamíferos encontrados na área costeira de Byers, destacam-se populações de elefante-marinho (*Mirounga leonina*). De acordo com estudo realizado por Torres et al (1981) foram observados cerca de 2500 indivíduos nas praias do sul. Ao longo da linha de costa também podem ser observados indivíduos de lobo-marinho (*Arctocephalus gazella*) (Figura 35), foca-de-wedell (*Leptonychotes weddellii*), foca-caranguejeira (*Lobodon carcinophagus*) e foca-leopardo (*Hydrurga leptonyx*) (SCAR, 2003).



**Figura 31.** Pinguineira de *Pygoscelis papua* e elefantes-marinhos (*Mirounga leonina*) na ponta Lair, Península Byers. Foto: Pedro Adnet



**Figura 32.** Pinguim antartico (*Pygoscelis antarctica*) na península Byers. Foto: Pedro Adnet



**Figura 33.** Lobos marinhos (*Arctocephalus gazella*) na península Byers. Foto: Pedro Adnet

#### **4 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Os ecossistemas terrestres da península Byers, apresentam uma grande diversidade de geoformas periglaciais interagindo com processos hidrológicos e biológicos, além de atributos geológicos relevantes e sítios arqueológicos importantes que fazem da região um santuário natural antártico que deve continuar sendo preservado, assim como um importante sítio para o estudo de processos naturais em escala de paisagem, indicado para o monitoramento das mudanças climáticas que vem ocorrendo na Antártica marítima.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ATS, ANTARCTIC SECRETARY TREATY, 1961, disponível em: [http://http://www.ats.aq/index\\_e.htm](http://http://www.ats.aq/index_e.htm), acessado em: 25 de agosto de 2010.

BAÑÓN, M., 2001. Observaciones meteorológicas en la Base Antártica Española Juan Carlos I. Publicación A-151, Serie Monografías. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.

BAÑÓN, M., 2004. Introducción al clima de la Península de Byers, Isla Livingston, Antártida. Dissertação de Mestrado. Alicante University, Spain.

BIRKENMAJER, K., 2002. Retreat of Ecology Glacier, Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica), 1956-2001. Bulletin of the Polish Academy of Sciences 50, 15–29.

BLUMEL, W.D., EITEL, B., 1989. Geocological aspects of maritime-climatic and continental periglacial regions in Antarctica (South Shetlands, Antarctic Peninsula and Victoria Land). *Geökodynamic* 10, 201–214.

BONNER, W.N. e SMITH, R.I.L. (Eds) 1985. *Conservation areas in the Antarctic*. SCAR, Cambridge: 147-56.

CAMPBELL, I.B., CLARIDGE, G.G.C., 1987. Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment. Elsevier, Amsterdam. 368 pp.

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

CRAME J.A. 1984. Preliminary bivalve zonation of the Jurassic-Cretaceous boundary in Antarctica. In Perrilliat, M. de C. (Ed.) *Memoria, III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Mexico, 1984*. Mexico City, Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología: 242-54.

CRAME J.A., PIRRIE D., CRAMPTON J.S. e DUANE A.M. 1993. Stratigraphy and regional significance of the Upper Jurassic - Lower Cretaceous Byers Group, Livingston Island, Antarctica. *Journal of the Geological Society* 150 pt. 6: 1075-87.

CRAME J.A. 1995. A new Oxytomid bivalve from the Upper Jurassic–Lower Cretaceous of Antarctica. *Palaeontology* 39 Pt. 3: 615-28.

CRAME J.A. e KELLY, S.R.A. 1995. Composition and distribution of the Inoceramid bivalve genus *Anopaea*. *Palaeontology* 38 Pt. 1: 87-103.

CROXALL, J.P. e KIRKWOOD, E.D. 1979. *The distribution of penguins on the Antarctic Peninsula and the islands of the Scotia Sea*. British Antarctic Survey, Cambridge.

- DAY, T.,A.; RUHLAND ,C.T.; GROBE, C., W., XIONG, F. Growth and reproduction of antarctic vascular plants in response to warming and UV radiation reductions in the field. *Oecologia* 119: 24–35, 1999.
- DUTRA, T. L. 2004. Paleofloras da Antártica e sua relação com os eventos tectônicos e paleoclimáticos nas altas latitudes do sul. *Revista Brasileira de Geociências*, 34(3):401-410
- ELLIS-EVANS, J.C. 1996. Biological and chemical features of lakes and streams. In López-Martínez, J., Thomson M.R.A. and Thomson J.W. (Eds.). *Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island*. BAS GEOMAP Series, Sheet 5-A. Cambridge, British Antarctic Survey.
- FRANCELINO, M .R. . 2004. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica marítima: solos e geomorfologia da península Keller. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa 143p.
- FRENCH, H., M. The Periglacial Environment, 1996, editora Logman, 2 ed., 341 p.
- HATHWAY, B. e LOMAS, S.A. 1998. The Upper Jurassic-Lower cretaceous Byers Group, South Shetland Islands, Antarctica: revised stratigraphy and regional correlations. *British Antarctic Survey Bulletin* 49: 287.
- HERNANDEZ, P.J e AZCARATE, V. 1971. Estudio paleobotanico preliminar sobre restos de una tafoflora de la Peninsula Byers (Cerro Negro), Isla Livingston, Islas Shetland del Sur, Antartica. *Publ. INACH Serie. Cientifica* 2(1): 15-50.
- KESSLER, M. A. e WERNER, B. T. 2003. Self-Organization of Sorted Patterned Ground. *Science*. v. 299, no. 5605, p. 380.
- KING. J. C; HARANGOZO, S. A. 1998, Climate change in the western Antarctica Peninsula since 1945: Observation and possible causes. *Annals of Glaciology*, m. 27, p. 571-575.
- LINDSAY, D.C. 1971. Vegetation of the South Shetland Islands. *British Antarctic Survey Bulletin* 25: 59-83.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., SERRANO, E. e MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 1996. Geomorphological features of the drainage system. In López-Martínez, J., Thomson, J.R.A. and Thomson, J.W. (Eds.) *Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island*. BAS GEOMAP Series, Sheet 5-A, 15-19. Cambridge, British Antarctic Survey.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., MARTÍNEZ DE PISÓN, E., SERRANO, E. and ARCHE, A. 1996 *Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island*. BAS GEOMAP Series, Sheet 5-A, Scale 1:25 000. Cambridge, British Antarctic Survey,.
- MANN, D. 2008. On Patterned Ground. *Science*, V 299.

NAVAS, A., LOPEZ-MARTINEZ, J., CASAS, J., MACHÍN, J., DURÁN, J.J., SERRANO, E., CUSHI, J. A., MINK, S. 2008. Soil characteristics on varying lithological substrates in the South Shetlands Islands, maritime Antarctic. *Geoderma* 144: 123-139.

OCHYRA, R., LEWIS SMITH, R.I. & BEDNARECK-OCHYRA, H. 2008. The illustrated moss flora of Antarctica. Cambridge University Press. 685p.

PERKINS, S. Patterns from Nowhere; Natural Forces Bring Order to Untouched Ground. 2003. *Science News*. Washington. v. 163, no. 20, p. 314.

PHILIPPE M., TORRES T., BARALE G., THOVENARD F. 1995. President Head, Snow Island, South Shetland Island, a key-point for Antarctic Mesozoic Paleobotany. *Compte Rendus de la Academie des Sciences*, 32(11):1055-106.

QUESADA, A. CAMACHO, A., ROCHERA e VELÁZQUEZ, D. 2009. Byers Peninsula: A reference site for coastal, terrestrial and limnetic ecosystem studies in maritime Antarctica. *Polar Science* 3 (3):181-187

RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. (Ed.), 1993. The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Polish Academy of Science, Warsaw.

RAYNOLDS M. K; MARTHA K; WALKER D. A; MUNGER C. A; VONLANTHEN C. M; KADE A. N. 2008. A map analysis of patterned-ground along a North American Arctic Transect.. Institute of Arctic Biology, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska, USA.

SCAR, 2003. SCIENTIFIC COMMITTEE ON ANTARCTIC RESEARCH, Scar Bulletin

Nº 150 (Disponível em: <http://www.scar.org/publications/bulletins/150/aspa126/>)

SIMAS, F.N.B., SCHAEFER, C.E.G.R. MELO, V. F. ALBUQUERQUE-FILHO, M.R., MICHEL, R.F.M., PEREIRA, V.V. GOMES, M.R.M.; da COSTA L.M. 2007. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: Phosphatization as a soil forming process. *Geoderma* 138 191–203

SIMPSON S. 2000. In focus: melting away. *Science America* 281,14–15.

SGEE, Serviço Geográfico do Exército Espanhol, 1992, Carta Topográfica da Península Byers, Universidade Autônoma de Madri: British Antarctic Survey, Cambridge.

SMELLIE J.L., Davies R.E.S. and Thomson M.R.A. 1980. Geology of a Mesozoic intra-arc sequence on Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *British Antarctic Survey Bulletin* 50: 55-76.

TATUR, A. & MYRCHA, A., 1989. Soils and Vegetation in Abandoned Penguin Rookeries (Maritime Antarctica). *Pro. NIPR Symp. Polar Biol.*, 2, pp. 181–189.



- TATUR, A. & MYRCHA, A., 1993. Ornithogenic soils. In: Rakusa-Suszczewski (Ed.), The Antarctic Coastal Ecosystem of Admiralty Bay S. Polish Academy of Sciences, Warsaw, pp. 161–165.
- TORO, M., CAMACHO, A., ROCHERA, C., RICO, E., BAÑÓN, M., FERNÁNDEZ-VALIENTE, E., MARCO, E., JUSTEL, A., VINCENT, W.F., AVENDAÑO, M.C., ARIOS, Y., QUESADA, A., 2007. Limnological characteristics of the freshwater ecosystems of Byers Peninsula, Livingston Island, in maritime Antarctica. *Polar Biol.* 30, 635e649.
- TURNER, J.; CONVEY, P.; di PRISCO, G.; MAYEWSKI, P.; HODGSON, D., FAHRBACH, E.; BINDSCHADLER, R.; SUMMERHAYES, C. 2008. Antarctic Climate Change and the Environment, Scientific Committee Antarctic Resource (SCAR), 495 p.
- UGOLINI, F.C., 1972. Ornithogenic soils of Antarctica. In: Llano, G.A. (Ed.), Antarctic Terrestrial Biology. *Am. Geophys. Union Antarct. Res. Ser.*, vol. 20, pp. 181–193.
- UGOLINI, F.C., BOCKHEIM J. G., 2007. Antarctic soils and soil formation in a changing environment: A review, *Geoderma*, 144 ( 1-2) p 1-8.
- VAUGHAN, D. G. MARSHALL, G. J. CONNOLLEY, W. M. C. KING, J. C. e MULVANEY R. Climate change: devil in the detail, 2001. *Science*, 293 (5536), 1777.
- WOEHLER, E.J. (Ed.) 1993. *The distribution and abundance of Antarctic and sub-Antarctic penguins*. SCAR, Cambridge.
- XIONG, F.S.; RUHLAND, T.,C., DAY, T.,A., Photosynthetic temperature response of the Antarctic vascular plants *Colobanthus quitensis* and *Deschampsia antarctica*. *Physiol Plant* 106: 276–286; 1999.

**CAPÍTULO II- SOLOS CRIOGÊNICOS DA PORÇÃO NORTE DA  
PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA**

## RESUMO

MOURA, Pedro. Adnet. **Solos Criogênicos da Porção Norte da Península Byers, Ilha Livingston, Antártica Marítima: Contribuições ao Monitoramento Ambiental . 2010.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

Os objetivos deste trabalho foram mapear e caracterizar os solos nos ecossistemas terrestres da parte norte da península Byers, a maior área livre de gelo do arquipélago da Shetlands do Sul (62°37' S, 61°06'W). A geologia da península Byers é constituída principalmente por argilitos, arenitos, conglomerados e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas. Geomorfologicamente caracteriza-se pela presença de extensos terraços marinhos soerguidos pela compensação glacioisostática, além de praias e feições erosivas e deposicionais de origem glacial, assim como um sistema de drenagem bem desenvolvido, com muitos fluxos ativos no verão e mais de 60 lagos. Foram amostrados e descritos 23 perfis de solo representativos de acordo com a variação litológica da península. Os solos foram classificados segundo o sistema de referência WRB-FAO. Dos 23 perfis amostrados, 2 foram classificados na classe dos Fluvisol, 5 como Regosol, 6 como Leptosol e 10 como Cryosol. Os solos são em geral rasos e pedregosos, com textura predominantemente grosseiras e baixo conteúdo de argila. Entretanto, os solos derivados de argilitos marinhos apresentaram maiores conteúdos de argila. Dentre os perfis analisados, três apresentaram caráter ornitogênico, com teores elevados de P, baixos teores  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no complexo sortivo, pH ácido e alta atividade de Al. A grande maioria dos solos apresentou-se muito pobre em matéria orgânica, sendo os maiores teores observados nos solos ornitogênicos. As análises mineralógicas apontaram a presença argilominerais 2:1 em todos os perfis estudados com predomínio de esmectita, clorita e ilita e interestratificados. Também foram detectados plagioclásio, quartzo e hematita. A presença de minerais 2:1 associada à textura grosseira evidencia o fraco desenvolvimento destes solos, assim como o predomínio do intemperismo físico sobre o químico na pedogênese da península Byers.

**Palavras chaves:** Permafrost, Camada Ativa, Solos, Mudanças Climáticas.

## ABSTRACT

MOURA, Pedro. Adnet. **Cryogenic Soils of North Side of Byers Peninsula, Livingston Island, Maritime Antarctic: Contributions to environmental monitoring. 2010.** Dissertation (Master Science, Environment and Forestry Sciences, Nature Conservation). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

The aims of this study are to map and characterize the soils of the terrestrial ecosystems in the north side of Byers peninsula, in the maritime Antarctic, located at the western end of Livingston Island, the largest ice-free area in the South Shetland Islands (62°37' S, 61°06'W). The rocky outcrops in the peninsula are mainly mudstones, sandstones, conglomerates and volcanic and volcanoclastic rocks (Upper Jurassic to Lower Cretaceous) intruded by different igneous bodies. The geomorphology of Byers Peninsula is characterized by the presence of extensive raised marine platforms and beaches, jointly with erosive and depositional features of glacial origin. Soils were sampled and described on 23 pits in the all geological features. Of the 23 profiles, 2 was classified in the class of Fluvisol, 5 as Regosol, 6 as Leptosol and 10 as Cryosol. The soils are little deep with coarse texture. Of these 23 profiles, 3 profiles showed character ornithogenic, lower pH, with very high concentration of P, lower content of Ca<sup>2+</sup> and Mg<sup>2+</sup>, and high active of Al. Most soils were very low in organic matter. The DRX analysis showed the presence of 2:1 minerals (mainly smectites, chlorites, illites and interstratified) for all the profiles studied, also revealed the presence of the plagioclase, quartz and hematite. The presence of easily weathered minerals such as plagioclase in the clay fraction indicate the predominance of physical weathering on the chemical weathering in pedogenesis occurring in Byers Peninsula.

**Word Key:** Permafrost; Active layer; Soil, Climate Changes.

## 1. INTRODUÇÃO

A formação de solos na Antártica está restrita às áreas livres de neve e gelo, correspondente a cerca de 0,35 % do continente (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987, BOCKHEIM, 1997, UGOLINI e BOCKHEIM, 2007).

A maioria dos estudos pedológicos da Antártica foi conduzida na Antártica Continental, em especial na região dos vales secos das montanhas Transantárticas. Os solos formados nas regiões de clima mais ameno e úmido da Antártica marítima e ilhas Sub-antárticas receberam menor atenção (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987, BOCKHEIM e TARNOCAI, 1998), apesar de trabalhos recentes produzidos antes e durante o Ano Polar Internacional (MICHEL et al., 2006, SIMAS et al., 2006, 2007, 2008, UGOLINI e BOCKHEIM, 2007).

A maior deglaciação na região da Antártica marítima ocorreu a aproximadamente 4-5 mil anos atrás (BJÖRCK et al., 1991, 1996; BJÖRCK e ZALE, 1996), quando provavelmente, iniciou-se a formação da maioria dos solos presentes nas áreas livres de gelo do presente.

De maneira geral, os processos pedológicos na Antártica continental ocorrem de forma muito lenta, em razão do clima frio e árido, da energia luminosa e umidades muito baixas durante a maior parte do ano. Dessa forma, mesmo os solos mais antigos do continente mantêm uma estreita relação com o material de origem, em termos de características químicas, principalmente porque estão localizados em região de deserto polar, onde o aporte de matéria orgânica e água líquida é muito baixo. Nesta região, a principal alteração química dos solos refere-se à precipitação de sais e concentração de elementos via atmosfera, necessitando um longo tempo para haver transformações significativas (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987).

Na Antártica marítima, ao contrário, a maior umidade, luminosidade e temperatura favorecem os processos de hidrólise dos minerais e lixiviação de bases, além da colonização por coberturas vegetais mais densas e diversas e maior presença de atividades de aves, resultando em alterações físico-químicas dos solos reconhecidamente distintas da maior parte do continente (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987; ALBUQUERQUE FILHO, 2005, SIMAS et al, 2006, MICHEL et al, 2006, SIMAS *et al.* 2007a).

Na Antártica marítima, apesar de condições extremas de clima, coberturas microfíticas de líquens, algas, briófitas e raras plantas superiores são capazes de fixar o C atmosférico e incorporá-lo ao solo, sendo sua conservação auxiliada pelas baixas temperaturas que retardam a mineralização. A atividade biológica nos solos antárticos é em geral baixa, sendo fortemente determinada por condições microclimáticas, em que a temperatura e o regime hídrico do solo influenciam a produção primária e a fixação de C no sistema (CAMPBELL e CLARIDGE, 1987). Os teores de matéria orgânica normalmente são altamente variados em função das condições de acumulação (excesso de frio) e da remoção pela erosão, agravada pelas condições climáticas severas. Ocorrem solos turfosos, ricos em C, com horizontes superficiais hísticos, até solos com pavimento desértico e muito pobres em carbono (SIMAS *et al.* 2004, SIMAS *et al.* 2006).

A taxonomia de solos afetados por permafrost tem gerado intenso debate na comunidade científica internacional. As discussões incluem o conceito de solo, processos e fatores de formação e sistemas regionais e globais de classificação de solos, principalmente tendo em vista a importância do permafrost no cenário de mudanças climáticas globais (BOCKHEIM e TARNOCAI, 1998, TARNOCAI, 2004; BOCKHEIM et al. 2006).

Em trabalho de revisão BOCKHEIM et al. (2006) discutem os processos e fatores de formação dos solos afetados por permafrost e sustentam a inclusão dos Criossolos (WRB) ou

Gelissolos (Soil Taxonomy) como primeiro nível categórico nos modernos sistemas de classificação de solos. Segundo os autores, os processos criogênicos envolvem entradas, saídas, transferências e transformação de energia, água e materiais do solo, em concordância com as definições clássicas dos processos de formação de solos (SIMONSON, 1959 apud BOCKHEIN, 2006), portanto são processos pedogenéticos ou criopedogenéticos (BOCKHEIN et al., 2006).

De acordo com o sistema WRB-FAO (2007), os Criossolos caracterizam-se pela presença de um horizonte criogênico (permafrost) iniciando nos primeiros 100 cm a partir da superfície do solo ou nos primeiros 200 cm desde que o solo apresente evidências de crioturbação nos primeiros 100 cm.

O horizonte criogênico ou permafrost é definido como sendo uma camada mineral ou orgânica que permanece com temperaturas abaixo de 0° C por pelo menos 2 anos consecutivos. A crioturbação refere-se uma série de mecanismos criogênicos relacionados à mudança de estado físico da água nos ciclos de congelamento e descongelamento. A água quando congela sofre uma expansão da ordem de 10%, causando nos solos o fenômeno denominado de *frost heave*, processo geomórfico de grande importância na modelagem das paisagens periglaciais (FRENCH, 1996).

A crioturbação pode ser evidenciada pela mistura dos materiais da matriz do solo ocasionando horizontes irregulares ou quebrados, involuções, acúmulo de matéria orgânica no topo do permafrost, fragmentos de rochas orientadas e a formação de solos com padrões.

Desta forma o objetivo deste trabalho foi mapear e caracterizar os solos da porção norte da península Byers com ênfase na química e mineralogia dos solos criogênicos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1. Área de estudo

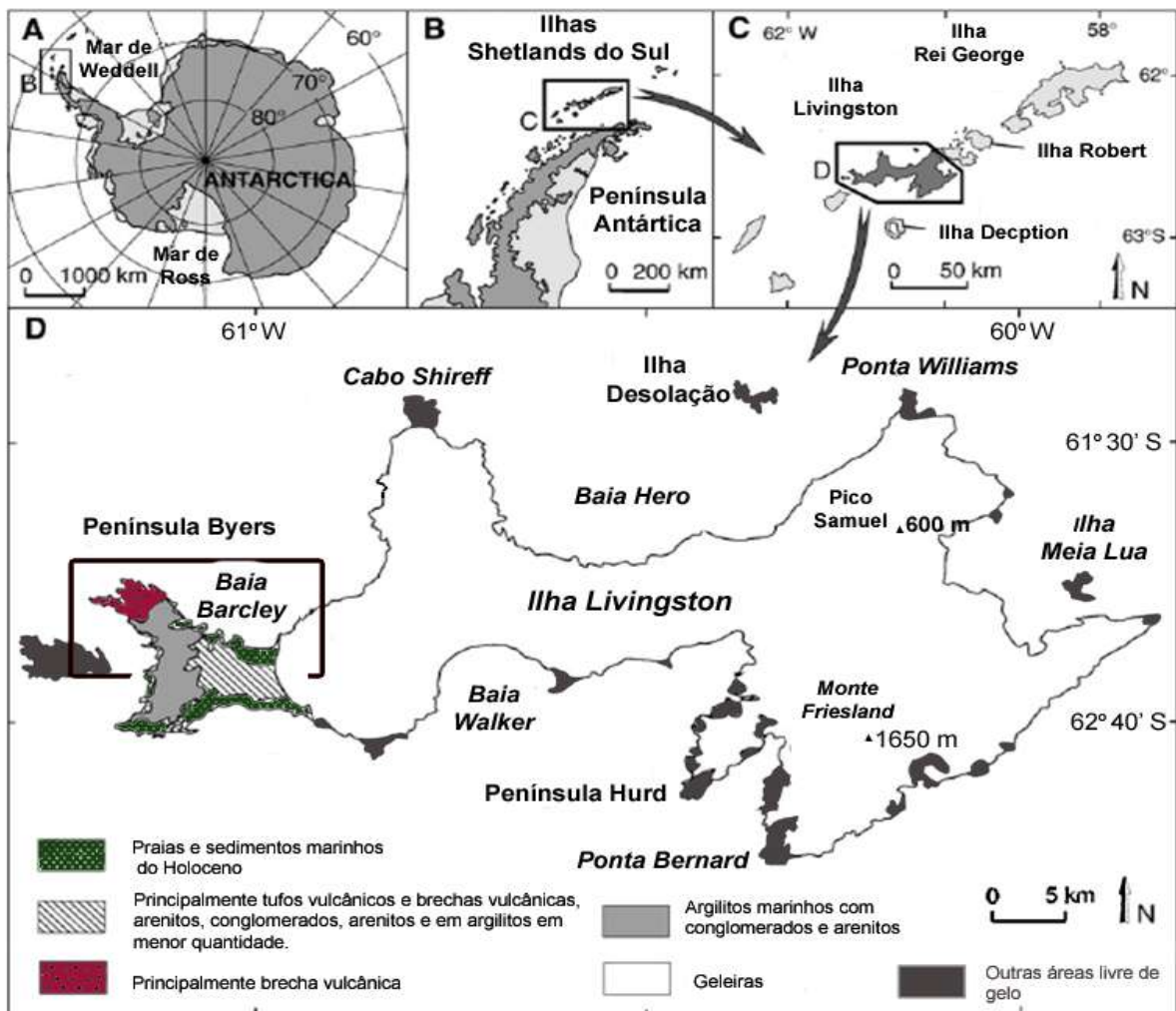
A península Byers, localizada integralmente na área especialmente protegida 126 (ASPA-126), compreende a parte oeste da Ilha Livingston, Ilhas Shetlands do Sul (62°37' S, 61°06'W) e representa a maior e mais antiga área livre de gelo do arquipélago, ocupando uma área de aproximadamente 60,6 km<sup>2</sup>, (LOPEZ-MARTINEZ, 1996). Esse estudo foi realizado numa área de aproximadamente 3.416 hectares (34,16 km<sup>2</sup>) na parte norte da península Byers (Figura 1).

O clima na Ilha Livingston durante o verão é caracterizado por precipitação freqüente, (com média anual de 800 mm) e médias diárias de temperatura frequentemente positivas (RAKUSA-SUSZCZEWSKI, 1993; BAÑÓN, 2001, BAÑÓN, 2004). A temperatura média anual é de -2 °C ao nível do mar (BLUMEL e EITEL, 1989).

Em função dessas características típicas de ambientes periglaciais, ocorre um pronunciado degelo no verão, proporcionando condições para uma pedogênese mais intensa comparativamente ao restante do continente, mais frio e seco.

As Ilhas Shetland do Sul constituem um arco de ilhas formadas pela atividade vulcânica sobre um embasamento sedimentar ativo desde o Jurássico até o Quaternário (SMELLIE et al., 1980). Geologicamente a península Byers é constituída principalmente por argilitos, arenitos, conglomerados e rochas vulcânicas e vulcanoclásticas (Jurássico Superior a Cretáceo inferior) com intrusões de corpos ígneos (SMELLIE et al., 1980; CRAME et al., 1993).

Sua área livre de gelo possui grande diversidade de geofornas periglaciais interagindo com processos hidrológicos e biológicos, além de atributos geológicos relevantes e sítios arqueológicos importantes para a região Antártica, tem sido indicada como um sítio de referência internacional ideal para o estudo de processos naturais em escala de paisagem na Antártica marítima (QUESADA et al. 2009). A tabela 1 apresenta a caracterização geral dos sítios estudados na parte norte da península Byers, agrupados em função do material de origem.



**Figura 1.** Mapa de localização e geologia da área de estudo.

**Tabela 1.** Caracterização geral dos sítios estudados, agrupados segundo o material de origem

Perfil	Classificação (WRB –FAO 2006)	Altitude m	Coordenadas UTM Zona 20 E	Observações gerais da paisagem
<b>Grupo 1- Solos sobre Tufos vulcânicos</b>				
1	<i>Glacic Turbic Cryosol (Esqueletic, Oxyaquic)</i>	108	E: 598797,5 N: 3053099,6	<i>Felsenmeer</i> na fase de <i>sorted circular patterned ground</i> com diâmetro médio de 1 m. Permafrost encontrado a 55 cm de profundidade. Vegetação esparsa com predomínio de <i>Leptogium puberulum</i> .
<b>Grupo 2- Solos sobre Basalto</b>				
7	<i>Turbic Cryosol (Skeletal)</i>	112	E: 599351,9 N: 3052649,2	Terço médio de <i>scree slope</i> , com <i>patterned ground</i> no terço inferior. Predomínio de líquens <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> e briófitas <i>Ditrichum</i> sp. <i>Bryum pseudotrichetum</i> .
11	<i>Turbic Cryosol (Skeletal)</i>	94	E: 602478,9 N: 3053184,1	Pequeno platô em topo de afloramento rochoso. <i>Sorted polygonal patterned ground</i> com diâmetros de 70 cm. Predomínio dos líquens <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> e da briófitas <i>Sanionia uncinata</i> .

Continua...



Perfil	Classificação (WRB –FAO 2006)	Altitude m	Coordenadas UTM Zona 20 E	Observações gerais da paisagem
<b>Grupo 3- Solos sobre tufo vulcânico misto com brecha vulcânica e basalto</b>				
2	<i>Turbic Cryosol (Oxyaquic)</i>	75,3	E: 99081,6 N: 3054566,1	<i>Scree slope</i> com fluxo de água de degelo. <i>Sorted circular patterned ground</i> com diâmetros de 30 – 40 cm associados com padrão estriado. <i>Permafrost</i> encontrado a 35 cm.
3	<i>Haplic Fluvisol (Arenic)</i>	28	E:599719,3 N3055454,8	Segundo nível de terraço marinho soerguido, próximo a crista basáltica com fluxo de água de degelo. Apresenta seixos rolados no perfil a uma profundidade de 60 cm. A vegetação é predominantemente de <i>Sanionia uncinata</i> .
4	<i>Gelistagnic Regosol (Turbic, Arenic)</i>	44	E: 600435 N: 3054493	Terço inferior de <i>scree slope</i> em relevo suave ondulado. Área encharcada com água de degelo. Briófitas formando um tapete com predomínio de <i>Sanionia uncinata</i> e <i>Polytrichastrum alpinum</i> em associação com outras espécies.
8	<i>Gelistagnic Regosol (Skeletalic)</i>	95	E: 599917,4 N: 3052649,9	Em <i>scree slope</i> , com cor bruno avermelhada. Predomínio dos líquens <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> e da briófito <i>Sanionia uncinata</i> .
9	<i>Turbic Cryosol (Skeletalic)</i>	38	E: 601654,4 N: 3053505,9	Segundo nível de terraço marinho soerguido. Presença de micro-relevo de morrotes de 1 m de altura oriundo de ação criogênica. Predomínio dos líquens <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> e da briófito <i>Sanionia uncinata</i> .
10	<i>Haplic Fluvisol (Arenic)</i>	29	E: 601777,9 N: 3053738,1	Segundo nível de terraço soerguido, relevo plano. Campo de musgos com predomínio de <i>Sanionia uncinata</i> , <i>Polytrichastrum alpinum</i> e <i>Warnstorfia</i> sp. e líquens do gênero <i>Psoroma</i> sp. e <i>Leptogium puberulum</i> .
15	<i>Turbic Cryosol (Oxyaquic, Skeletalic)</i>	88	E: 99810,3 N: 3053747,3	Terço superior de <i>scree slope</i> com <i>sorted patterned ground</i> estriados pouco desenvolvido. Predomínio de <i>Leptogium puberulum</i> , <i>Placopsis antarctica</i> e uma espécie de <i>Sanionia</i> sp. entre as rochas
16	<i>Leptic Regosol (Skeletalic, Gelic)</i>	89	E: 601836,3 N: 3052541,1	<i>Scree slope</i> próximo a crista rochosa. As espécies de líquens mais abundantes são <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> . Para os musgos predominam <i>Sanionia uncinata</i> .
17	Hypeskeletalic Leptosol (Gelic)	44	E: 603563,0 N:3052964,3	Terço superior de <i>scree slope</i> em relevo suave, sem indícios de crioturbação. As espécies de líquens mais abundantes são <i>Leptogium puberulum</i> , <i>Ochrolechia frigida</i> e <i>Neuropogon aurantiaco- ata</i> . Para os musgos predominam uma espécie do gênero <i>Sanionia</i> e uma espécie de <i>Politrachaceae</i> .
18	Haplic Cryosol (Oxyaquic, Skeletalic)	40	E: 603568,6 N: 3053031,1	Fundo de vale de relevo plano e terreno encharcado. As espécies de líquens mais abundantes são <i>Leptogium puberulum</i> . Dentre os musgos presentes predominam a <i>Sanionia uncinata</i> . e <i>Politrachum</i> sp. Foram observados indivíduos de <i>Deschampsia antarctica</i> esparsos na comunidade.

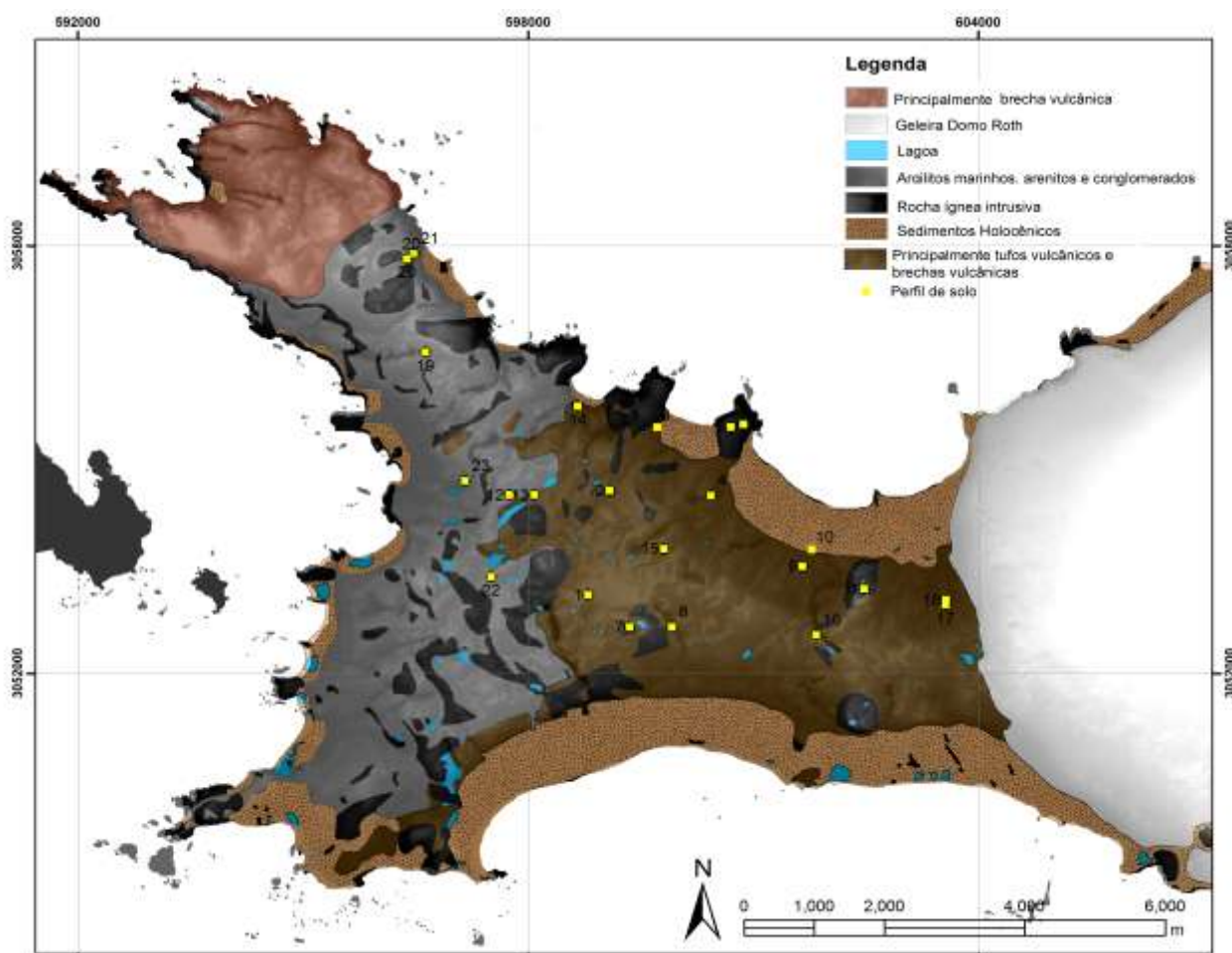
Continua...

Perfil	Classificação (WRB –FAO 2006)	Altitude m	Coordenadas UTM Zona 20 E	Observações gerais da paisagem
<b>Grupo 4 - Solos sobre argilitos marinhos, arenitos e conglomerados</b>				
12	<i>Turbic Cryosol (Siltic)</i>	96	E: 597748,4 N: 3054503,2	Platô de topo. <i>Patterned ground</i> com diâmetro de aproximadamente 70 cm. Predomínio dos líquens <i>Placopsis antarctica</i> e <i>Leptogium puberulum</i> e musgos <i>Polytrichastrum alpinum</i> e <i>Campyliadelphus</i> sp.
13	<i>Haplic Cryosol (Oxyaquic, Endoclayc)</i>	97	E: 598083,1 N: 3054503	Terço médio de <i>scree slope</i> , solo altamente pegajoso e encharcado. Predomínio do líquen <i>Leptogium puberulum</i> e da briófito <i>Sanionia uncinata</i> .
14	<i>Haplic Leptosol (Gelic, Endoskeletal)</i>	21	E: 598660,3 N: 3055748,1	Segundo nível de terraço soerguido, Comunidade mista de <i>Deschampsia antarctica</i> com <i>Colobanthus quitensis</i> . Nas bordas do campo ocorrem os líquens <i>Ochrolechia frigida</i> , <i>Cladonia</i> sp, <i>Psoroma</i> sp. e <i>Stereocaulon</i> sp. e briófitas da família Polytrichaceae.
19	<i>Stagnic Leptosol (Skeletal, Gelic)</i>	118,2	E: 596626,5 N: 3056507,2	Platô próximo a tálus de crista basáltica. As espécies mais abundantes são <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Placopsis antarctica</i> e a briófito <i>Sanionia uncinata</i> em manchas descontínuas.
20	<i>Haplic Leptosol (Skeletal, Gelic)</i>	70	E: 596383,2 N: 3057813,3	Scree slope. As espécies de líquens mais abundantes são <i>Leptogium puberulum</i> e <i>Ochrolechia frigida</i> e espécies de líquens crustosos. Próximo a crista rochosa com comunidade de <i>Neuropogon aurantiaco-ata</i> .
22	<i>Haplic Leptosol (Gelic)</i>	92,8	E: 597504,7 N: 3053357,3	Terço superior de scree slope. <i>Leptogium puberulum</i> , <i>Placopsis antarctica</i> , <i>Psoroma</i> sp. <i>Neuropogon</i> sp. nos blocos rochosos maiores.
23	<i>Gelistagnic Regosol (Siltic, Skeletic)</i>	56,5	E: 597154,3 N: 3054699	Fundo de vale, área de sedimentação ativa, terreno encharcado. Predomínio de <i>Sanionia uncinata</i> e do líquen <i>Leptogium puberulum</i> .
<b>Grupo 5 - Solos Ornitogênicos sobre argilitos, arenitos e conglomerados</b>				
21	<i>Haplic Regosol (Ornithic, Skeletic)</i>	26,6	E: 596474,1 N: 3057886,3	Segundo nível de terraço soerguido próximo a tálus de crista basáltica. Evidências de atividade de aves. Comunidade predominantemente ocupada por <i>Sanionia uncinata</i> formando um tapete extenso.
5	<i>Haplic Leptosol (Ornithic, Skeletic)</i>	30,4	E: 600870,5 N: 3055492,6	Terço inferior de <i>scree slope</i> . Perfil localizado em pingüineira atual de <i>Pygoscelis papua</i> , com elevado aporte lateral de fosfatos e cobertura de prasiola, dominante; fragmentos de basalto em todo o perfil. Cobertura vegetal da alga <i>Prasiola crista</i> com líquens ornitocóprófilos e musgos mortos.
6	<i>Histic Cryosol (Oxyaquic)</i>	61,9	E: 600699,5 N: 3055459,9	Scree slope com relevo suave ondulado com transição para platô plano. Área fortemente alagada, com tapete de briófitas extenso

## 2.2. Coleta e descrição dos perfis

No verão austral de 2009 durante a XXVII Operação Antártica, foram coletados e descritos 23 perfis de solo (Figura 2), distribuídos de forma a amostrar as variações na geologia e geomorfologia da porção norte da península Byers. Por dificuldades logísticas não foi possível amostrar adequadamente a região do promotório Ray. As amostras foram coletadas a cada 10 cm de profundidade, entretanto buscou-se respeitar a diferenciação dos horizontes. Os locais amostrados foram georreferenciados com GPS diferencial Promark II e descritas as características do relevo, geologia e vegetação.

Os solos foram descritos conforme ANTPS (BOCKHEIM et al., 2006) e classificados segundo o sistema da Base Internacional de Referência para os Recursos do Solo (WRB, 2006). Os critérios para classificação dos solos são apresentados nas Tabelas 2.



**Figura 2.** Distribuição dos perfis nas diferentes litologias da porção norte da Península Byers.

### 2.3. Classificação dos Solos

A classificação dos solos no sistema WRB (2007) é baseada em propriedades dos solos definidas em termos de horizontes diagnósticos, propriedades e materiais, que na medida do possível possam ser mensuráveis e observáveis no campo. Este sistema de classificação utiliza um conjunto de prefixos e sufixos qualificadores que são adicionados ao nome do primeiro nível categórico permitindo a caracterização dos perfis de solo.

A Tabela 2 resume os prefixos e sufixos qualificadores atribuídos aos perfis descritos na porção norte da península Byers.

**Tabela 2.** Prefixos e sufixos qualificadores para os solos conforme o WRB (2007)

<b>Prefixos</b>	<b>Características</b>
Glácico (gc):	Possuir uma camada, 30 cm ou mais, contendo 75 por cento (em volume) ou mais de gelo que começa a 100 cm da superfície.
Turbico (tu):	Apresentar feições de crioturbação (mistura de materiais, horizontes de solo interrompidos, involuções, intrusões de material orgânico, <i>frost heave</i> , separação de materiais finos dos grossos, rachaduras e <i>patterned ground</i> ) em solo superficial ou sobre horizonte cryic e nos primeiros 100 cm a partir da superfície do solo.
Hístico (hi):	Possuir um horizonte hístico iniciando nos primeiros 40 cm do solo.
Háptico (ha):	Possuir uma expressão típica de certas características (típico no sentido de que não há mais sentido ou caracterização) e só será usada se nenhuma das eliminatórias anteriores se aplica.
Estágnico (st):	Possuir dentro dos primeiros 100 cm do solo mineral em alguma parte condições redutoras por algum tempo durante o ano em 25 % ou mais do volume do solo, simples ou em combinação, um padrão de cor estágnico ou um horizonte álbico.
Hiperesquelético (hk):	Conteúdo menor que 20 % (em volume) de terra fina calculados sobre uma profundidade de 75 centímetros da superfície do solo ou da rocha contínua, o que for menor.
Gelistágnico (gt):	Ter saturação temporária de água na superfície do solo causada por um subsolo congelado.
Leptico (le):	Possuir rocha contínua dentro dos 100 cm iniciais a partir da superfície do solo.
<b>Sufixos</b>	
Oxiáquico (oa):	Ser saturado com água rica em oxigênio por 20 ou mais dias consecutivos sem apresentar padrão de cores típicas de gley ou estágnico em alguma camada nos primeiros 100 cm do solo.
Esquelético (sk):	Ter 40 por cento ou mais (em volume) de cascalho ou outros fragmentos grosseiros em média, em uma profundidade de 100 cm da superfície do solo ou rocha contínua ou de uma camada de cimento ou endurecidas, a que for menor.
Endoargiloso (cen):	Ter textura argila em camada de 30 cm ou mais de espessura, entre 50 cm e 100 cm da superfície do solo.
Gélico (ge):	Possuir uma camada de solo com temperatura de 0 °C ou menos por dois ou mais anos consecutivos, nos primeiros 200 cm a partir da superfície do solo.
Endoesquelético	Possuir 40 por cento ou mais (em volume) de cascalho ou outros fragmentos

	grosseiros em média entre 50 cm e 100 cm da superfície do solo.
Túrbico (tu):	Possui feições de crioturbação (mistura de materiais, horizontes interrompidos, involuções, intrusões orgânicas, <i>frost heave</i> , separação de cascalhos de materiais finos, rachaduras ou patterned ground) na superfície ou acima de horizonte criogênico e dentro de 100 cm da superfície do solo.
Síltico (sl):	Ter uma textura de siltosa, franca, ou argila siltosa em uma camada de 30 cm ou mais grosso, dentro de 100 cm da superfície do solo.

## 2.4. Mapeamento dos solos

As unidades de mapeamento e associações foram definidas a partir da análise integrada dos perfis amostrados e de anotações de campo com os mapas geomorfológico e geológico elaborado por pesquisadores espanhóis na escala de 1: 25.000 (LOPEZ-MARTINEZ, 1996), o modelo digital de elevação (MDE) com 5 m de resolução espacial e uma imagem da banda pancromática do sensor ETM+ do satélite LANDSAT-7, com resolução espacial de 15 m obtida em 30 de janeiro de 2002. A vetorização das unidades de mapeamento foi realizada no software Arcgis 9.3<sup>®</sup> (ESRI, 2010).

## 2.5. Análises Químicas, Físicas e Mineralógicas

As análises foram realizadas em terra fina seca ao ar (TFSA), ou seja, partículas < 2 mm. A análise textural dos solos foi realizada conforme EMBRAPA (1997) utilizando dispersão mecânica. O pH em água, foi determinado utilizando-se as proporções amostra: água de 1:2,5 (EMBRAPA, 1997). Além disso, foi medido nas amostras de solo o pH em KCl 1 mol/L conforme os métodos do Soil Survey Staff (SSS, 1996). A cor do solo foi obtida em amostras de TFSA utilizando-se a carta de Münsell (MÜNSELL, 1994).

Os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> trocáveis, foram extraídos por solução de KCl 1 mol/L e Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, P e Fe extraídos pelo extrator Mehlich-1 (EMBRAPA, 1997). Os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Al<sup>3+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup> e Fe<sup>3+</sup> nos extratos foram determinados em ICP, os de K<sup>+</sup> e Na<sup>+</sup> por fotometria de chama e os de P por fotolorimetria pelo método do ácido ascórbico de MURPHY e RILEY (1962).

Para o estudo da mineralogia da fração argila foram extraídas amostras de argila por sifonamento em água deionizada, sem o uso de substâncias dispersantes. Posteriormente foram montadas lâminas e analisadas por difratometria de raio-X como o uso de um equipamento PANalytical X'Pert pro, utilizando-se radiação CoK $\alpha$ , com ângulo de varredura de 4 a 50 °2 $\theta$ . Os minerais foram identificados conforme CHEN (1977). Para identificação dos minerais 2:1 foram realizados tratamentos de saturação por Mg, saturação por Mg com Glicerol, saturação com K e saturação com K e aquecimento à 550 °C.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1. Mapeamento dos Solos

Considerando os 23 perfis analisados, os solos foram classificados como Cryosol, Leptosol, Regosol e Fluvisol, distribuídos na paisagem em função aspectos geomorfológicos e geológicos, em 20 unidades de mapeamento de solos e tipo de terreno tanto homogêneas quanto em associações (Tabela 3.). A descrição morfológica completa dos perfis é apresentada no anexo 1.

**Tabela 3.** Unidades de mapeamento e suas respectivas áreas.

<b>Unidades de mapeamento</b>	<b>Hectares</b>	<b>%</b>
Cryosol+Leptosol+Regosol	589,89	17,26
Regosol+Fluvisol	488,15	14,29
Regosol+Cryosol+Leptosol	467,51	13,68
Rocky outcrop + Scarps +Talus	377,77	11,06
Leptosol+Regosol+Cryosol	334,62	9,79
Cryosol+Leptosol	169,49	4,96
Cryosol+Regosol	163,35	4,78
Leptosol+Cryosol	147,60	4,32
Leptosol+Regosol	133,53	3,91
Rocky outcrop	133,26	3,90
Rocky outcrop + Scarps + Talus +Regosol+Leptosol	123,86	3,63
Rocky outcrop+Leptosol	76,07	2,23
Turbic Cryosol	71,61	2,10
Glaciar	44,40	1,30
Till, glacial deposits	42,33	1,24
Lake, pool	35,26	1,03
Haplic Leptosol (Ornithic, Skeletic)	6,55	0,19
Histic Cryosol (Oxyaquic)	6,13	0,18
Moraine ridge	5,35	0,16
<b>Total</b>	<b>3416,71</b>	<b>100,00</b>

A maior unidade de mapeamento com 17,26 % da área mapeada foi a associação de Cryosols com Leptosols e Regosols que ocupa as regiões elevadas do planalto interior. Seguida pela unidade formada pela associação de Regosol e Fluvisol (14,29 %) que ocupa os terraços marinhos das áreas costeiras. A terceira maior unidade de mapeamento foi a associação de Regosol com Cryosol e Leptosol (13,68 %) da área mapeada.

Dos 23 perfis amostrados apenas o perfil 1 (108 m de altitude) e o perfil 2 (75 m de altitude) apresentaram indícios de permafrost nos primeiros 100 cm a partir da superfície. Os demais perfis classificados como *Cryosol* foram assim qualificados em função de evidências de acentuada crioturbação local. Os perfis não classificados como *Cryosol*, que apresentaram sinais de permafrost nos primeiros 200 cm a partir da superfície receberam o critério *Gelic*. Segundo NAVAS (2006) o permafrost na península Byers é contínuo a partir da cota 30 m, sendo descontínuo nas áreas costeiras em altitudes inferiores a 30 m. Entretanto, tais evidências não foram observadas nesse estudo, indicando também seu caráter descontínuo em cotas acima de 30 metros.

Esta aparente contradição pode ser atribuída à variabilidade temporal e espacial do permafrost nas áreas periglaciais da Antártica marítima (VIEIRA et al. 2007, VIEIRA et al. 2010). As áreas de permafrost contínuo em Byers estão associadas à formações de solos com padrões principalmente nas regiões interiores da península.

Para o mapeamento mais detalhado e acurado dos solos estava programado um vôo com helicóptero para obtenção de fotos aéreas da região. Esta etapa não pode ser executada em função de dificuldades logísticas proporcionadas pela severidade climática nos dias programados. Em função da heterogeneidade dos solos e baixa resolução da imagem orbital disponível, poucas unidades de mapeamento homogêneas puderam ser delimitadas. O mapa de solos da porção norte da península Byers é apresentado na figura 3.

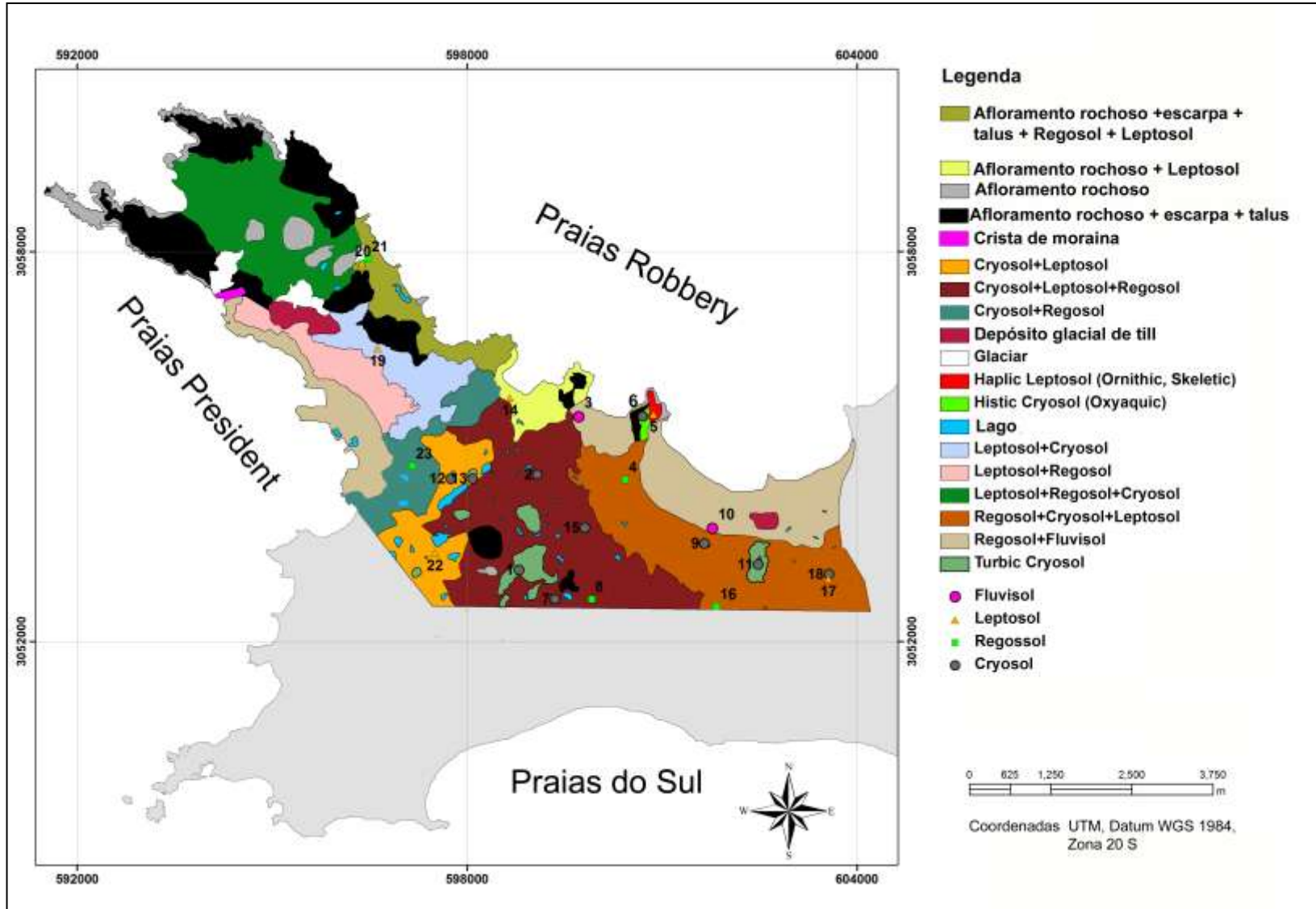


Figura 3. Mapa de solos da península Byers, Ilha Livingston, Antártica marítima.



### 3.2. Caracterização geral dos solos

As áreas livres de gelo da Antártica marítima estão sujeitas aos processos de intemperismo físico e químico de forma mais intensa que nas áreas expostas da Antártica continental. Os processos químicos são inibidos pelo frio e os processos físicos são favorecidos pelos ciclos de congelamento e descongelamento da água no solo, condições também verificadas por FRANCELINO (2004), MICHEL (2006) e SIMAS, *et al* (2007) nas áreas livres de gelo da Baía do Almirantado. Ainda assim, as temperaturas mais amenas e maior disponibilidade de água líquida na península propiciam um intemperismo químico mais acentuado e conseqüentemente uma pedogênese mais acelerada, sobretudo nas áreas sob influência de atividades ornitogênicas.

Os solos de Byers maneira geral são rasos, pedregosos, de estrutura fraca ou em grãos simples. Apresentam textura grosseira, com predomínio de areia grossa na maioria dos perfis (Tabela 4.). A exceção são os solos desenvolvidos a partir de argilitos marinhos que possuem teores mais elevados de argila, com textura variando de franco a franco-argilosa onde o conteúdo de silte pode chegar a 390 g/kg e a argila pode chegar a 410 g/kg (perfil 13). A tabela 4 apresenta as análises físicas e a tabela 5 apresenta as análises químicas para os perfis de solo.

A cor dos solos também é influenciada pelo material de origem. Desta forma, aqueles derivados de tufos misturados com brechas e basalto geralmente apresentam cores variando de bruno (7.5 YR 4/2) a bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2) e os solos desenvolvidos com maior influência de brechas vulcânicas apresentaram cores mais avermelhadas (5 YR 4/3, 2.5 YR 4/2). As áreas sob argilitos, arenitos e conglomerados apresentaram cores bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2) a cinzento-oliváceo (5 Y 5/2). As áreas mal drenadas apresentam cores acinzentadas sem, entretanto, apresentarem cores indicativas de processos de gleização.

Os valores de pH apresentam média de 6,8, porém nos solos sob influência de atividade ornitogênica, o pH é fortemente ácido com valores de até 3,5 (perfil 5). Essa acidez é produzida principalmente no processo de mineralização do guano. O solo mais alcalino foi o perfil 1 com valor de 8,13 na camada de 35-55 cm.

Os solos apresentam teores de fósforo (P) variáveis. Desconsiderando os solos ornitogênicos (5, 6 e 21), o valor médio encontrado para os solos minerais da porção norte da península foi de 110,4 mg/dm<sup>3</sup>. O teor mais elevado foi encontrado no perfil 5, *Haplic Cryosol (Ornithic, Skeletic)*, com 2.810 mg/dm<sup>3</sup> na camada de 5-20 cm.

Os teores de potássio (K) são variáveis com média (135 cmolc/dm<sup>3</sup>) atingindo valores mínimos de 15 cmolc/dm<sup>3</sup> sendo os maiores teores verificados nos solos com influência de atividades ornitogênicas chegando a valores de até 748 cmolc/dm<sup>3</sup> (perfil 5).

Os teores de Na são variáveis, sendo a média dos perfis de 327 cmolc/dm<sup>3</sup>. Os valores médios mínimos foram observados no perfil 23 (169 cmolc/dm<sup>3</sup>) e o máximo no perfil 8 (785 cmolc/dm<sup>3</sup>). Esses altos teores se devem à influência do spray marinho associado à composição do material de origem, em sua maioria rico em sódio.

Os teores de Ca<sup>2+</sup> também são muito variáveis, com valores chegando a 45,6 cmolc/dm<sup>3</sup> no perfil 16, indicando a presença de minerais ricos nesse elemento. No caso do perfil 16 foi detectada a presença de calcita (CaCO<sub>3</sub>) nas análises mineralógicas da fração argila.

Nos solos com maior acidez e maior conteúdo de matéria orgânica (áreas ornitogênicas) ocorrem os menores teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, o está relacionado ao intemperismo químico favorecido pela mineralização do guano, promovendo a lixiviação do Ca<sup>2+</sup>.

As análises mineralógicas da fração argila mostraram a ocorrência de argilominerais em todas as amostras analisadas, com ocorrência principalmente de Esmectitas, Cloritas, e Ilitas. Em

menor proporção foram identificadas Vermiculitas, Esmectitas com hidróxi entrecamadas (EHE) e Vermiculitas com hidróxi entrecamadas (VHE). Em estudo realizado por NAVAS et al.(2008) o mineral mais abundante encontrado na porção sul de Byers foi feldspato, principalmente plagioclásios. Os resultados das análises dos perfis da porção norte confirmam esse predomínio de feldspatos, com plagioclásios identificados por picos de reflexão em 4,03 Å e 3,19 Å, presentes em 73 % dos perfis analisados.

**Tabela 4.** Atributos físicos dos solos da porção norte da península Byers

Horizontes cm	>2mm (%)	areia grossa dag/kg	areia fina	silte	argila	classe textural
<b>Perfil 1- Glacic Turbic Cryosol (Esqueletic, Oxyaquic)</b>						
0-15	21.8	30	19	44	7	FRANCO-ARENOSA
15-35	55.8	41	12	30	17	FRANCO-ARENOSA
35-50	34.6	42	16	29	13	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 2- Turbic Cryosol (Oxyaquic)</b>						
0-10	20.7	52	26	12	10	FRANCO-ARENOSA
10-25	24.4	57	16	11	16	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 3- Haplic Fluvisol (Gelic, Arenic)</b>						
0-15	29.7	53	24	11	12	FRANCO-ARENOSA
15-35	12.0	49	27	18	6	FRANCO-ARENOSA
35-75	21.4	52	27	17	4	AREIA-FRANCA
<b>Perfil 4- Gelistagnic Regosol (Turbic, Arenic)</b>						
0-15	22.5	61	20	9	10	AREIA-FRANCA
15-37	31.9	64	15	9	12	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 5- Haplic Leptosol (Ornithic, Skeletic)</b>						
0-5	71.4	46	20	19	15	FRANCO-ARENOSA
5-20	76.0	47	20	19	14	FRANCO-ARENOSA
20-40	41.8	61	16	11	12	FRANCO-ARENOSA
40-65	77.6	49	15	20	16	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 6- Histic Cryosol (Oxyaquic)</b>						
0-20	39.1	53	16	15	16	FRANCO-ARENOSA
20-30	22.3	56	19	10	15	FRANCO-ARENOSA
30-45	26.6	49	16	16	19	FRANCO-ARENOSA
45-55	33.1	42	18	22	18	FRANCO-ARENOSA
55-80	-	43	14	20	23	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
<b>Perfil 7 - Turbic Cryosol (Skeletic)</b>						
0-20	65.5	50	12	20	18	FRANCO-ARENOSA
20-30	70.0	45	26	18	11	FRANCO-ARENOSA
30-70	82.5	54	5	22	19	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 8- Gelistagnic Regosol (Skeletic)</b>						
0-20	48.9	44	12	28	16	FRANCO-ARENOSA
20-40	41.2	31	17	36	16	FRANCO
40-60	48.3	29	13	38	20	FRANCO
<b>Perfil 9 - Turbic Cryosol (Skeletic)</b>						
0-10	29.6	38	18	28	16	FRANCO-ARENOSA
10-40	39.0	26	11	35	28	FRANCO-ARGILOSA

**Tabela 4.** Atributos físicos dos solos da porção norte da península Byers.

Horizontes cm	> 2mm (%)	<u>areia grossa areia fina silte argila</u>				classe textural
		dag/kg				
<b>Perfil 10- Haplic Fluvisol (Gelic, Arenic)- 29 m</b>						
0-25	28.0	55	19	12	14	FRANCO-ARENOSA
25-45	38.3	63	18	9	10	AREIA-FRANCA
45-60	20.8	71	21	7	1	AREIA
<b>Perfil 11- Turbic Cryosol (Skeletal)- 94</b>						
0-10	34.2	34	18	38	10	FRANCO
10-35	58.6	30	12	46	12	FRANCO
35-55	40.3	34	16	38	12	FRANCO
<b>Perfil 12- Turbic Cryosol (Siltic)</b>						
0-15	29.9	31	12	39	18	FRANCO
15-35	35.9	39	11	32	18	FRANCO
35-50	47.0	28	9	41	22	FRANCO
50-60	72.7	37	8	29	26	FRANCO
<b>Perfil 13 - Haplic Cryosol (Oxyaquic, Endoclaye)</b>						
0-25	23.8	9	9	42	40	FRANCO-ARGILO-SILTOSA
25-40	-	13	7	41	39	FRANCO-ARGILOS
40-55	-	16	4	39	41	ARGILA
<b>Perfil 14- Haplic Leptosol (Gelic, Endoskeletal)</b>						
0-30	11.4	61	16	11	12	FRANCO-ARENOSA
30-50	63.8	12	10	40	38	FRANCO-ARGILOS
<b>Perfil 15- Turbic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic)</b>						
0-15	12.9	40	15	27	18	FRANCO-ARENOSA
15-45	72.5	44	17	24	15	FRANCO-ARENOSA
45-80	42.7	24	14	36	26	FRANCO
<b>Perfil 16- Leptic Regosol (Gelic)</b>						
0-20	31.6	43	10	24	23	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
20-40	69.5	44	12	20	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
40-60	71.0	46	10	18	26	FRANCO-ARGILO-ARENOSA

**Tabela 4.** Atributos físicos dos solos da porção norte da península Byers.

<b>Horizontes</b>	<b>&gt; 2 mm</b>	<b>areia grossa areia fina silte argila</b>				<b>classe textural</b>
<b>cm</b>	<b>(%)</b>	<b>dag/kg</b>				
<b>Perfil 17 - Hypeskeletal Leptosol (Gelic)</b>						
0-12	26.1	38	15	35	12	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 18 - Haplic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic)</b>						
0-15	72.1	53	12	18	17	FRANCO-ARENOSA
15-35	76.0	63	8	13	16	FRANCO-ARENOSA
35-50	76.1	66	5	10	19	FRANCO-ARENOSA
<b>Perfil 19 - Stagnic Leptosol (Skeletic, Gelic)</b>						
0-20	40.9	20	3	37	40	FRANCO-ARGILOSA
<b>Perfil 20 - Haplic Leptosol (Skeletic, Gelic)</b>						
0-15	52.7	26	6	30	38	FRANCO-ARGILOSA
15-35	56.8	26	9	28	37	FRANCO-ARGILOSA
<b>Perfil 21 - Haplic Regosol (Ornithic, Skeletic)</b>						
0-10	19.0	38	23	24	15	FRANCO-ARENOSA
10-25	25.7	42	11	23	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
25-45	73.4	61	4	11	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
<b>Perfil 22- Haplic Leptosol (Gelic)</b>						
0-15		38	19	25	18	FRANCO-ARENOSA
15-65	29.0	26	22	35	17	FRANCO
45-60		23	7	35	35	FRANCO-ARGILOSA
<b>Perfil 23 - Gelistagnic Regosol (Siltic, Skeletic)</b>						
0-15		20	12	37	31	FRANCO-ARGILOSA
40-60	79.7	23	7	35	35	FRANCO-ARGILOSA
(15-40)	61.9	15	9	42	34	FRANCO-ARGILOSA

**Tabela 5.** Atributos químicos dos perfis coletados na península Byers

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P- Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
<b>Perfil 1- Glacic Turbic Cryosol (Esqueletic, Oxyaquic) - 108 m -</b>																					
0-15	7.69	5.7	36	79	447.1	6.17	12.98	0	1	21.29	21.29	22.29	95.5	0	9.13	0.38	39.1	6.92	583.2	91.8	2.18
15-35	7.95	5.84	26.5	85	357	10.06	19.15	0	1.1	30.98	30.98	32.08	96.6	0	5.01	0.64	37.8	8.52	455.7	110.5	2.47
35-50	8.13	6.28	31.1	80	447.1	8.06	13.98	0	1	24.18	24.18	25.18	96	0	8.04	0.64	44.2	7.98	424.1	107.3	2.57
<b>Perfil 2- Turbic Cryosol (Oxyaquic) - 75 m</b>																					
0-10	6.9	4.74	41	164	427.1	7.26	16.25	0.1	3.2	25.79	25.89	28.99	89	0.4	7.17	1.6	33.4	2.6	356	32.8	4.13
10-25	7.17	5.05	55.7	173	417.1	12.66	18.68	0	2.1	33.59	33.59	35.69	94.1	0	5.4	1.28	33.7	2.51	322.6	25.7	5.17
<b>Perfil 3- Haplic Fluvisol (Gelic, Arenic) -28 m</b>																					
0-15	5.47	3.85	111.8	183	437.1	8.41	18.14	8.1	13.8	28.92	37.02	42.72	67.7	21.9	5.13	0.96	16.8	1.77	440.7	17.5	4.12
15-35	5.62	3.92	74	102	151.9	9.81	14.96	12.24	18.3	25.69	37.93	43.99	58.4	32.3	1.74	0.38	3.4	3.93	504.6	21.3	8.1
35-75	7.14	4.07	96.2	174	196.6	25.8	20.92	0.48	2.4	48.02	48.5	50.42	95.2	1	1.76	0.26	45.2	2.11	746.7	50.1	6.8
<b>Perfil 4- Gelistagnic Regosol (Turbic, Arenic) - 44 m</b>																					
0-15	7.26	4.99	98.9	158	447.1	14.71	18.96	0	1.6	36.01	36.01	37.61	95.7	0	5.4	0.38	40.4	1.69	230.8	63.8	6.13
15-37+	7.74	5.58	83.7	164	427.1	11.35	15.1	0	1	28.73	28.73	29.73	96.6	0	6.46	0.38	38.7	2.36	291.8	70.6	6.7
<b>Perfil 5- Haplic Leptsol (Ornithic, Skeletic) - 30 m</b>																					
0-5	3.88	3.22	1228.8	748	184	1.89	0.56	3.18	27.8	5.16	8.34	32.96	15.7	38.1	9.59	3.52	46.3	2.53	376.7	2.1	11.58
5-20	3.46	3.01	2810.7	342	194	0.92	0.23	4.92	32.3	2.86	7.78	35.16	8.1	63.2	10.84	3.2	40.5	1.23	565.8	1.7	11.26
20-40	3.8	3	1151.8	406	266.8	1.21	0.21	8.19	30.4	3.62	11.81	34.02	10.6	69.3	9.82	2.43	35.9	0.62	663.6	1.3	9.93
40-65	3.9	3.26	2202.2	426	183	0.94	0.18	4.34	30.2	3.01	7.35	33.21	9.1	59	10.83	2.94	26.6	1.25	898.1	1.4	10.86
<b>Perfil 6- Histic Cryosol (Oxyaquic) - 61 m</b>																					
0-20	4.97	3.65	337.4	180	276.8	2.45	2.08	3.57	17.8	6.19	9.76	23.99	25.8	36.6	12.33	19.19	17.6	2.44	387.3	5.9	5.55
20-30	4.94	3.58	710	146	146.9	1.66	0.86	3.95	21	3.53	7.48	24.53	14.4	52.8	8.54	23.03	17.5	1.13	449.9	3	6.2
30-45	4.88	3.5	751.5	193	186	2.19	1.08	5.88	29.4	4.57	10.45	33.97	13.5	56.3	7.74	15.35	14.1	1.01	632.6	3.4	6.96
45-55	4.94	3.32	618.3	302	256.7	3.3	1.75	10.51	32.6	6.94	17.45	39.54	17.6	60.2	6.4	4.22	17.6	0.8	821.5	16.4	5.06
55-80	5.04	3.24	364.6	376	276.8	4.23	12.26	16.48	32.9	18.65	35.13	51.55	36.2	46.9	3.43	1.41	19.5	0.85	470.2	8.5	3.05

Continua...

pH: H<sub>2</sub>O 1:2,5; P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu: Melich-1; Ca-Mg-Al: KCl 1 N; H+Al: Acetato de Cálcio 0,5 N; S: Soma de Bases; CTC(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica 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.

**Tabela 5.** Atributos químicos dos perfis coletados na península Byers

Horiz.	pH H <sub>2</sub> O	pH KCl	P mg/dm <sup>3</sup>	K	Na	Ca <sup>+2</sup> cmolc /dm <sup>3</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB cmolc /dm <sup>3</sup>	CTC (t)	CTC (T)	V %	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn mg/dm <sup>3</sup>	Fe	Mn	Cu
<b>Perfil 7 - Turbic Cryosol (Skeletal)- 112 m</b>																					
0-20	6.89	4.82	59.7	196	407.1	11.32	20.99	0	2.4	34.58	34.58	36.98	93.5	0	5.12	0.96	30.2	1.4	331.9	75.1	2.84
20-30	7.3	5.25	49.1	192	367	11.33	20.57	0	1.9	33.99	33.99	35.89	94.7	0	4.69	1.28	30.5	1.95	543.8	90.8	3.69
30-70	7.41	5.28	69.4	238	467.2	10.14	19.19	0	1.9	31.97	31.97	33.87	94.4	0	6.35	1.28	37.9	1.44	290.1	99.4	3.79
<b>Perfil 8- Gelistagnic Regosol (Skeletal) - 95 m</b>																					
0-20	7.44	5.14	108.5	41	687.7	11.85	20.31	0	1.6	35.25	35.25	36.85	95.7	0	8.48	0.64	41.8	1.18	354.3	101.5	19.7
20-40	7.81	5.59	158.4	30	727.7	7.98	13.43	0	1.6	24.65	24.65	26.25	93.9	0	12.84	0.64	40.2	1.37	389	121.9	34.3
40-60	7.3	5.7	191.6	19	938.2	8.24	13.94	0	0.8	26.31	26.31	27.11	97	0	15.5	0.64	39.6	1.37	326	185.5	35.15
<b>Perfil 9 - Turbic Cryosol (Skeletal) - 38</b>																					
0-10	7.73	4.63	72.8	101	547.4	23.08	24.39	0	1.9	50.11	50.11	52.01	96.3	0	4.75	0.96	37.8	2.34	421.6	162.1	11.2
10-40	7.72	4.94	183.1	66	477.2	41.91	29.46	0	1.6	73.61	73.61	75.21	97.9	0	2.82	0.64	45.7	0.82	249.5	102.9	9.08
<b>Perfil 10- Haplic Fluvisol (Gelic, Arenic)- 29 m</b>																					
0-25	6.98	4.61	57.4	104	361.2	9.61	8.87	0.19	2.1	20.32	20.51	22.42	90.6	0.9	7.66	0.26	34.7	1.76	359.7	45.6	7.35
25-45	7.6	5.3	54.8	85	411.2	12.8	10.69	0	1	25.5	25.5	26.5	96.2	0	7.01	0.13	40.5	2.11	311	43.2	8.4
45-60+	7.57	5.19	87.1	85	411.2	9.9	7.07	0	0.5	18.98	18.98	19.48	97.4	0	9.42	0.13	45.9	1.5	310.3	37.1	7.78
<b>Perfil 11- Turbic Cryosol (Skeletal)- 94</b>																					
0-10	7.51	5.05	137.1	15	371.2	9.79	6.7	0	0.6	18.14	18.14	18.74	96.8	0	8.9	0.38	40.3	2.38	802.4	103.7	7.24
10-35	7.82	5.19	151.8	25	361.2	10.09	7.68	0	0.6	19.4	19.4	20	97	0	8.1	0.38	42	2.62	757.5	111.2	7.51
35-55	7.74	5.36	105.9	94	621.4	9.94	6.09	0	0.5	18.97	18.97	19.47	97.4	0	14.24	0.38	38.8	2.14	1355	148.7	7.6
<b>Perfil 12- Turbic Cryosol (Siltic)- 96,7 m</b>																					
0-15	7.68	5.65	40.7	114	301.2	18.8	6.45	0	1	26.85	26.85	27.85	96.4	0	4.88	0.77	28.6	5.49	753	75.6	4.52
15-35	7.81	6.09	28.1	94	291.2	19.6	6.04	0	0.6	27.15	27.15	27.75	97.8	0	4.66	1.15	25.3	5.96	743.1	68.7	5.65
35-50	7.83	5.88	43.4	94	411.2	23.42	7.66	0	0.3	33.1	33.1	33.4	99.1	0	5.4	0.9	29.8	6.19	565.8	73.4	4.01
50-60	7.65	5.6	64.1	94	341.2	23.57	6.38	0	0.5	31.67	31.67	32.17	98.4	0	4.68	0.64	34.4	4.91	499.8	123.8	3.03
<b>Perfil 13 - Haplic Cryosol (Oxyaquic, Endoclayc)- 97 m</b>																					
0-25	7.32	5.31	198.2	134	241.1	19.64	8.9	0	1.6	29.93	29.93	31.53	94.9	0	3.5	1.02	31.3	7.8	559.7	155.6	2.41
25-45	7.64	5.75	305.8	134	211.1	27.24	8.13	0	0.6	36.63	36.63	37.23	98.4	0	2.51	1.15	34.9	10.11	404.2	273.1	2.5
40-55	7.78	5.96	260.4	114	171.1	27.16	7.28	0	0.3	35.47	35.47	35.77	99.2	0	2.1	1.15	34.4	8.77	375.8	219.3	2.13

Continua...

pH: H<sub>2</sub>O 1:2,5; P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu: Melich-1; Ca-Mg-Al: KCl 1 N; H+Al: Acetato de Cálcio 0,5 N; S: Soma de Bases; CTA(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica 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.

**Tabela 5.** Atributos químicos dos perfis coletados na península Byers

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P- Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
<b>Perfil 14- Haplic Leptosol (Gelic, Endoskeletal) - 21 m</b>																					
0-30	5.65	3.95	114.8	94	341.2	2.07	2.03	3.28	8.9	5.82	9.1	14.72	39.5	36	16.3	2.88	24.7	1.3	508.3	24.4	2.36
30-50	5.33	3.82	194.3	85	81.2	2.58	4.2	10.31	13.7	7.35	17.66	21.05	34.9	58.4	2	0.38	14.7	0.45	354.6	5.6	1.45
<b>Perfil 15- Turbic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic) - 88 m</b>																					
0-15	7.07	4.72	187.6	65	321.2	8.37	6.61	0	1.9	16.55	16.55	18.45	89.7	0	8.44	0.64	35.7	2.47	415.2	35.3	4.3
15-45	7.39	5.24	231.7	65	331.2	10.12	7.87	0	1.6	19.6	19.6	21.2	92.5	0	7.35	1.02	32.2	2.6	408.5	52	5.45
45-80+	7.61	5.1	291.4	45	531.3	11.74	11.6	0	1.1	25.77	25.77	26.87	95.9	0	8.96	0.38	36.2	2.33	365.5	46.1	5.02
<b>Perfil 16- Leptic Regosol (Gelic) - 89 m</b>																					
0-20	7.13	4.79	33.5	94	331.2	40.97	24.7	0	1.9	67.35	67.35	69.25	97.3	0	2.14	0.38	35.9	1.36	351.9	38.8	4.72
20-40	7.22	4.98	44.3	65	291.2	42.63	21.99	0	1.3	66.06	66.06	67.36	98.1	0	1.92	0.26	40.8	1.05	282.2	51.4	4.46
40-60+	7.37	5.07	54.8	35	351.2	45.61	21.97	0	1	69.2	69.2	70.2	98.6	0	2.21	0.26	44	1.14	232.8	64.6	4.57
<b>Perfil 17 - Hypeskeletal Leptosol (Gelic) - 44 m</b>																					
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-12	6.38	4.21	30	35	241.1	9.43	7.59	0.67	3.5	18.16	18.83	21.66	83.8	3.6	5.57	0.77	33.7	1.89	309.2	32.9	4.25
<b>Perfil 18 - Haplic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic) - 40 m</b>																					
0-15	7.13	4.65	42	35	261.1	23.15	14.06	0	1.4	38.44	38.44	39.84	96.5	0	2.95	0.26	44.4	1.54	418.5	79.3	7.99
15-35	7.1	4.79	41.8	55	231.1	20.06	14.38	0	1.1	35.57	35.57	36.67	97	0	2.82	0.26	46.2	1.59	384.3	84.8	6.59
35-50	7.37	4.94	37	55	241.1	20.8	14.8	0	1	36.79	36.79	37.79	97.4	0	2.85	0.38	41.1	1.44	353	79.8	6.25
<b>Perfil 19 - Stagnic Leptosol (Skeletal, Gelic) - 118 m</b>																					
0-20	7.35	5.66	151.2	85	170.2	15.02	8.29	0	0.8	24.27	24.27	25.07	96.8	0	3.05	1.41	41.7	12.25	259.3	209.2	3.07
<b>Perfil 20 - Haplic Leptosol (Skeletal, Gelic)- 70 m</b>																					
0-15	7.4	5.56	131.8	124	171.1	14.95	8.64	0	1.1	24.65	24.65	25.75	95.7	0	3.02	1.28	32	18.49	196.5	130	5.03
15-30	7.55	5.72	232.7	164	171.1	14.92	8.24	0	1	24.32	24.32	25.32	96.1	0	3.06	1.41	28.7	26.2	269	258.1	5.83
<b>Perfil 21 - Haplic Regosol (Ornithic, Skeletic)- 26 m</b>																					
0-10	6.39	4.67	440.6	55	161.1	4.05	2.19	0.1	8.1	7.08	7.18	15.18	46.6	1.4	9.76	2.05	19	5.29	687.3	20.4	10.39
10-25	5.52	3.99	403	65	148.2	2.64	2.52	2.8	14.3	5.97	8.77	20.27	29.5	31.9	7.35	2.05	7.9	3.92	1402.1	19.3	10.89
25-45	5.02	3.53	683.6	15	281.2	1.52	1.15	5.2	12.7	3.93	9.13	16.63	23.6	57	13.39	1.28	38.3	1.17	609.9	21.9	2.67
<b>Perfil 22- Haplic Leptosol (Gelic) - 93 m</b>																					
0-15	7.13	5.01	40.8	184	291.2	10.45	10.23	0	2.4	22.42	22.42	24.82	90.3	0	5.65	1.02	23.6	5.99	451.1	59.6	3.5
15-35	7.72	5.78	62	203	291.2	13.61	10.43	0	1.6	25.83	25.83	27.43	94.2	0	4.9	1.54	26.6	9.14	513.3	51.1	7.49
35-60+	7.76	5.31	289.3	174	261.1	15.49	9.71	0	0.8	26.79	26.79	27.59	97.1	0	4.24	1.02	44.1	8.75	459.6	114.1	4.15
<b>Perfil 23 - Gelistagnic Regosol (Siltic, Skeletic)- 56 m</b>																					
0-15	7.3	5.15	62.9	94	186.2	27.24	18.51	0	1.6	46.8	46.8	48.4	96.7	0	1.73	1.15	33.2	4.98	276.6	81.2	2.95
15-40	7.54	5.51	77.6	104	158.2	26.62	12.33	0	1.3	39.91	39.91	41.21	96.8	0	1.72	1.28	34.5	5.25	181.3	62	2.43
40-60+	7.73	5.8	130.9	94	169.2	26.04	9.6	0	1.1	36.62	36.62	37.72	97.1	0	2.01	1.15	31.1	7	203.8	179.3	2.42

pH: H<sub>2</sub>O 1:2,5; P-Na-K-Fe-Zn-Mn-Cu: Melich-1; Ca-Mg-Al: KCl 1 N; H+Al: Acetato de Cálcio 0,5 N; S: Soma de Bases; CTA(t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva; CTC(T): Capacidade de Troca Catiônica 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.



### 3.3. Caracterização dos solos em função do material de origem

Para a discussão mais detalhada das análises físicas, químicas e mineralógicas, os perfis da porção norte da península Byers foram reunidos em 5 grupos de solos em função, principalmente, do material de origem.

#### 3.3.1. Solos derivados de tufos vulcânicos

Estes solos ocorrem nas áreas de relevo suave a planas do platô central com altitudes variando de 90 m até 110 m de altitude, submetidas à forte crioturbação, guardando forte relação com o material de origem, sendo predominantemente desenvolvidos a partir da fragmentação *in situ* de tufos vulcânico.

Para a caracterização destes solos foi descrito um perfil, classificado como *Glacic Turbic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic)* e localizado em *felsenmeer* na fase de solos com padrões circulares ordenados (*sorted circular patterned ground*) à altitude de 108 m. As figuras 5, 6 e 7 apresentam o perfil e a paisagem no local de amostragem.

Os círculos possuem diâmetro médio estimado de 1 m, com uma borda pedregosa ligeiramente elevada em relação ao centro com material fino. A interseções entre os círculos é domínio pedregoso, com fragmentos angulares com tamanho médio de 5 cm, podendo atingir até 10 cm. Os fragmentos de rocha que compõem a borda diminuem em profundidade.

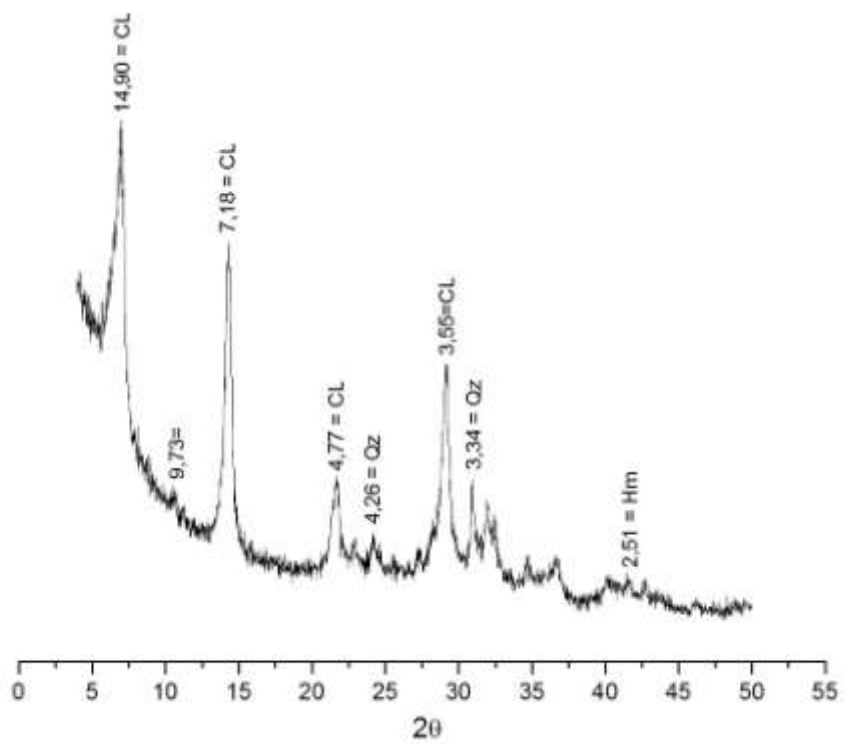
As amostras de terra fina foram coletadas no centro do círculo. Nesta parte os solos são rasos com camada ativa de cerca de 55 cm, de textura franco-arenosa com conteúdo médio de 12 % de argila. Apresentam estrutura fraca, incipiente ou em grãos simples e elevada pedregosidade ao longo de todo o perfil. A água oriunda do degelo na camada ativa acumula-se no topo do permafrost provocando encharcamento do solo a partir dos 45 cm. Desta forma, o solo apresenta cores cinzento-oliváceo-claro (5 Y 6/2) a amarelo-claro-acinzentado (5 Y 7/3) indicando as condições redutoras oriundas desse encharcamento sazonal, não sendo, porém, suficiente para conferir cores típicas de gleização, sendo portanto, qualificado com o atributo *oxyaquic*.

O pH em água tende para a alcalinidade. O solo apresenta baixa quantidade de matéria orgânica ocorrendo um leve incremento em profundidade em função da mistura de materiais causada pela crioturbação.

Os teores de  $\text{Na}^{2+}$  são elevados com teor médio de  $417 \text{ mg/dm}^3$ , em função principalmente do material de origem e da chegada de spray marinho. O teor de P foram os menores encontrados para os solos analisados.

A mineralogia da fração argila indicou a presença de argilominerais 2:1 como clorita, e illita. A clorita foi identificada por espaçamento de  $14,9 \text{ \AA}$ , não apresentando expansão quando solvatadas com glicerol, com espaçamento de  $14,05$  e não apresentando alteração significativa com a saturação por K nem com o aquecimento à  $550 \text{ }^\circ\text{C}$ . A figura 4 apresenta o difratograma do perfil 1.

A illita foi identificada por espaçamentos de  $9,73 \text{ \AA}$  e  $4,498 \text{ \AA}$ . A análise DRX também indicou a presença de quartzo ( $4,26 \text{ \AA}$  e  $3,34 \text{ \AA}$ ), plagioclásio ( $3,79 \text{ \AA}$ ) mirabolita ( $3,252 \text{ \AA}$  e  $3,20 \text{ \AA}$ ), titanita ( $2,998 \text{ \AA}$ ) e hematita ( $2,51 \text{ \AA}$ ). A presença do quartzo na fração argila, indica forte ação do intemperismo físico nesse local.



**Figura 4.** Difratoograma de raios X da argila natural do perfil 1.



**Figura 7.** Vista panorâmica do topo do Chester Cone.



**Figura 5.** perfil 1- Glacic Turbic Cryosol (Skeletic, Oxyaquic).



**Figura 6.** Paisagem do local onde o perfil 1 foi descrito.

### 3.3.2. Solos derivados de basalto

Estes solos desenvolvem-se a partir do intemperismo dos afloramentos basálticos isolados da península. Para a descrição destes solos foram coletados e descritos 2 perfis (7 e 11), ambos classificados com *Turbic Cryosol (Skeletal)*.

O perfil 7 (Figura 9.), foi amostrado a 112 m de altitude no terço médio de rampa de deposição de um afloramento basáltico na porção central da península. Essa área é rica em fósseis de árvores. No terço inferior observa-se a formação de solos com padrões pouco desenvolvidos. O solo apresenta textura franco arenosa e alto conteúdo de cascalho (fração > 2mm) de cerca de 75% em média ponderada. A cor varia de bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2- seca) a bruno-acinzentado (10YR 5/2 – seca). O permafrost não foi observado, tendo sido classificado como *Cryosol* em função das evidências de crioturbação. A vegetação é esparsa com presença dos líquens *Leptogium puberulum* e *Placopsis antarctica* e briófitas *Ditrichum* sp. *Bryum pseudotrichetum*.

Já o perfil 11 (Figura 10) foi amostrado a uma altitude de 94 m em um pequeno platô em um afloramento basáltico próximo as praias Robbery. Os solos são pouco desenvolvidos, pedregosos de textura franca, de cor bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2- seca) em superfície e bruno (7,5 YR 3/3 - seco) em subsuperfície. O permafrost não foi encontrado até os 60 cm, profundidade em que o solo fica encharcado devido ao derretimento da camada ativa, porém, foram observados indícios de crioturbação pela formação de solos com padrão ordenados em faixas e polígonos pouco desenvolvidos. A comunidade vegetal foi representada pela ocorrência de *Leptogium puberulum* de maneira dispersa e *Sanionia uncinata*. Nos afloramento basálticos de topo, ambientes mais secos, desenvolvem-se comunidades predominantemente ocupadas por *Usnea* sp. As análises DRX (Figura 8) revelaram a presença dos argilominerais clorita, esmectita e illita no perfil 7 enquanto que no perfil 11 só foi verificada a presença de clorita.

Quanto aos outros minerais foram detectados no perfil 7 traços de quartzo, plagioclásio, hematita e chamosita. No perfil 11 o quartzo não foi detectado, apresentando entretanto, o mineral titanita. A presença de quartzo na fração argila sugere que o intemperismo físico é tão expressivo que é capaz de fragmentar o quartzo até a granulometria de argila. Por outro lado sugere que estes solos recebem influência de outro material de origem diferente do basalto.

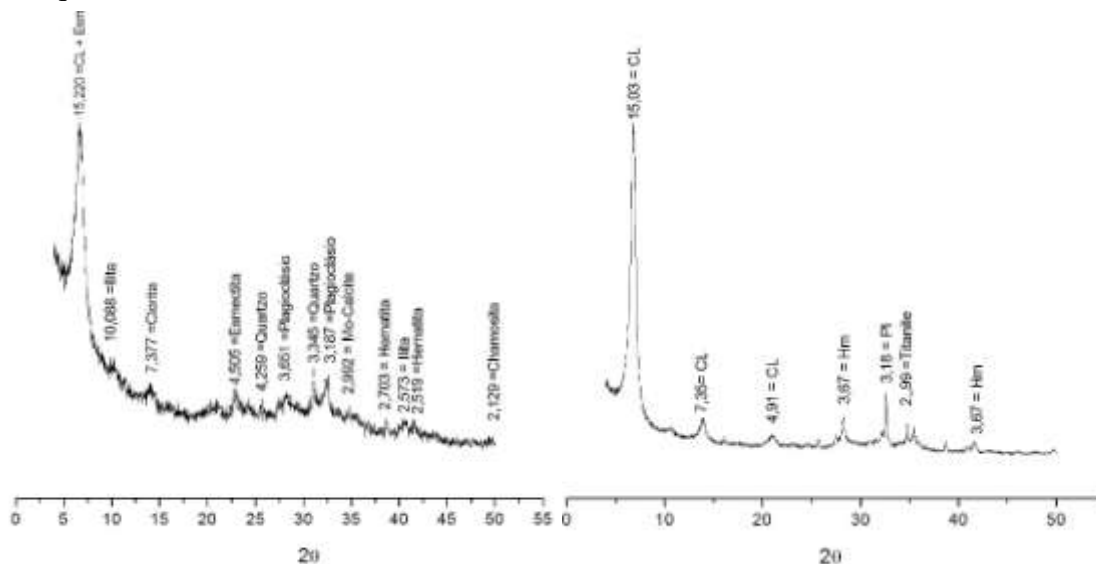


Figura 8. Difratoograma de raios X da fração argila dos perfis 7 e 11, respectivamente.



**Figura 9.** Perfil 7 e paisagem.



**Figura 10.** Perfil 11 e paisagem.

### 3.3.3. Solos derivados de tufo vulcânico misto com brecha vulcânica e basaltos andesíticos

Para a caracterização destes solos foram descritos 6 perfis (2, 9, 15, 16, 17 e 18) (Figuras 12 e 13), os quais ocorreram entre as cotas de 40 m até 90 m, distribuídos no platô central e na área de transição para os terraços marinhos, em domínio de *scree slope* dissecados por ravinas profundas escavadas pelos canais de água de degelo.

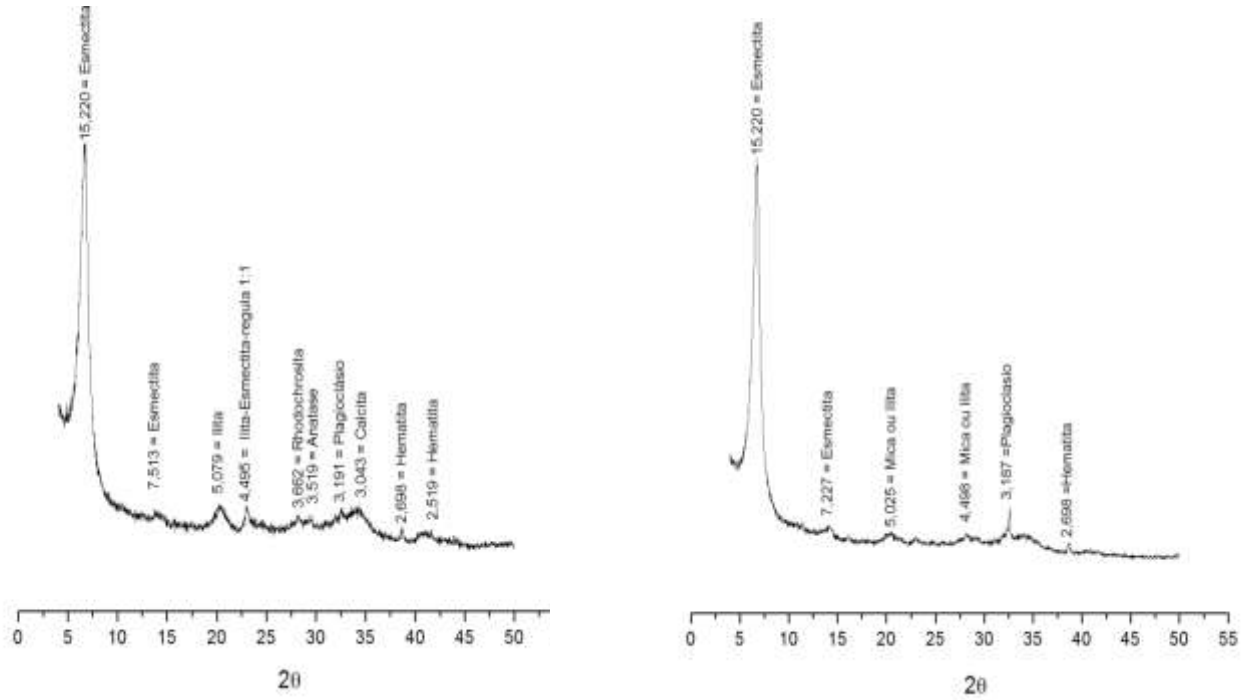
Os solos são pedregosos, rasos, com uma profundidade média de 50 cm, alcançando em raros casos 80 cm. Apresentam textura grosseira, predominantemente franco-arenosa com teor de argila de 19%, em média, ocorrendo um incremento da quantidade de argila com a profundidade. As cores são predominantemente bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2) a bruno (7 YR 4/2) apresentam estrutura fraca, incipiente ou em grãos simples e elevada pedregosidade ao longo de todo o perfil. Apesar de três dos perfis (2, 9 e 15) terem sido classificados como *Turbic Cryosol*, nenhum deles apresentou *permafrost* nos primeiros 100 cm a partir da superfície do solo, tendo sido classificados em função das evidências da crioturbação. Destes, os perfis 2 e 9 foram qualificados como *Oxyaquic*, indicando o encharcamento sazonal dos solos sem a ocorrência de gleização.

Os solos apresentam valores de pH em água neutros (7,23 em média e desvio padrão de 0,35) e teores muito baixos de matéria orgânica (0,64 mg/dm<sup>3</sup> em média e desvio padrão de 0,42 mg/dm<sup>3</sup>). Os teores de P são muito variáveis, apresentando em média de 96 mg/dm<sup>3</sup> e desvio padrão de 87,5 mg/dm<sup>3</sup>. Observa-se de maneira geral um incremento dos teores de P em profundidade.

Esse grupo apresentou os maiores teores de Ca em média, sendo encontrado no perfil 16 (Figura 12) (com média de 43 cmolc/dm<sup>3</sup>), o maior teor de toda as áreas analisadas, em função da presença de calcita (CaCO<sub>3</sub>), comprovada pelas análises mineralógicas (DRX) (Figura 11), que também indicou presença de esmectita e plagioclásio, minerais ricos em sódio (Na<sup>+2</sup>).

No perfil 16 a esmectita foi identificada pela reflexão (001) a 14,968 Å nas amostras saturadas por Mg<sup>2+</sup> e quando solvatadas com Glicerol, observou-se uma expansão da camada para o espaçamento 18,194 Å. Com a saturação por K ocorre colapso da estrutura com deslocamento do pico para 12,578 Å. Com o aquecimento a 550°C, ocorre novo colapso da estrutura, com deslocamento do pico para 11,910 Å. Na argila natural foram observados picos de segunda ordem da esmectita em 7,513 Å.

O Perfil 16 apresenta três minerais não encontrados no perfil 18, onde os picos são menos intensos, indicando menor cristalinidade dos minerais (calcita, rhodocrosita e anatase). A presença de plagioclásio, mineral de fácil intemperismo, na fração argila indica o baixo grau de intemperismo químico do material de origem.



**Figura 11.** Difratomogramas de raios X da amostras da argila natural para os perfís 16 e 18, respectivamente.



**Figura 12.** Perfil 16 e paisagem.



**Figura 13.** Perfil 18 e paisagem.

#### **3.3.4. Solos derivados de argilitos marinhos, arenitos e conglomerados**

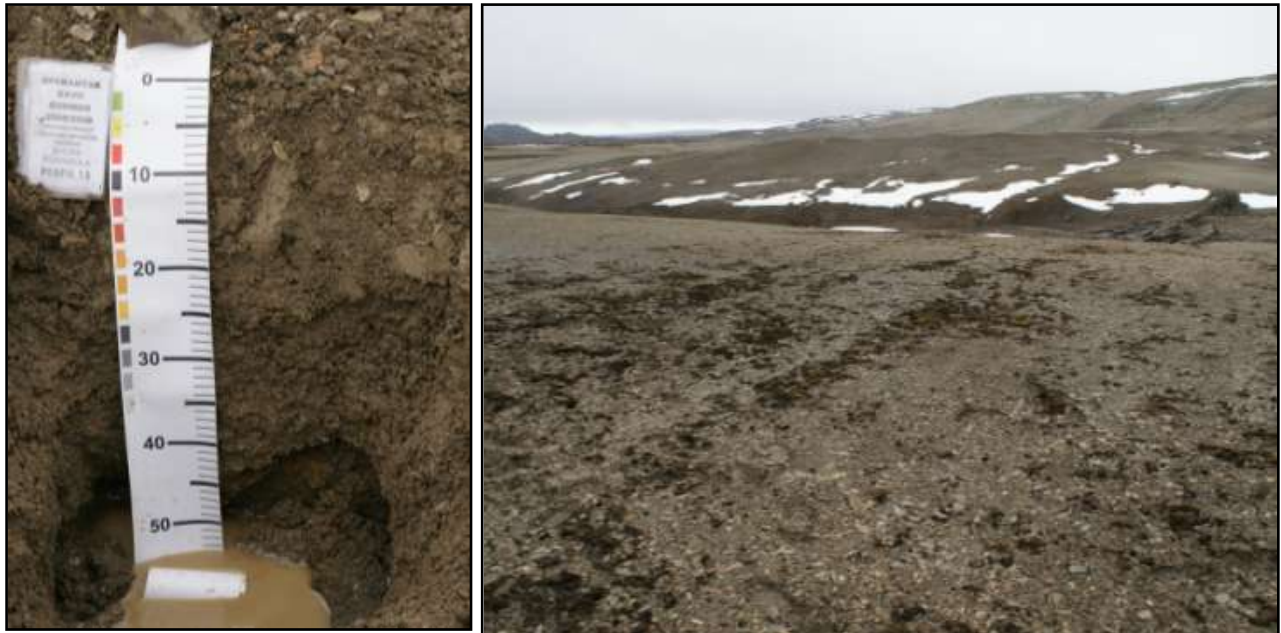
Para a caracterização destes solos foram descritos sete perfis (12, 13, 14, 19, 20, 22 e 23) (Figuras 14, 15, 16 e 17), localizados na porção ocidental da península. Trata-se de solos desenvolvidos a partir do intemperismo de argilitos marinhos do Jurássico Superior ao Cretáceo Inferior com arenitos e conglomerados e freqüentes intrusões de soleiras, plugs e outros corpos ígneos. A geoforma predominante nesta área é *scree slope*.

Os solos desse grupo, de maneira geral, apresentam texturas menos grosseiras dentre as demais litologias de Byers, predominando textura franca e franco-argilosa. São solos rasos e pedregosos que raramente ultrapassam os 60 cm de profundidade. Apresenta cores cinzento-brunado-claro (2.5 Y 6/2) até oliva-claro-acinzentado (5 Y 6/3). O perfil 22 apresentou cor cinzento-esverdeado (Glei 1 6/1 10Y) na camada mais profunda (45-60+).

Os teores de matéria orgânica são muito baixos, entretanto levemente superior ao teores do solos desenvolvidos sobre os grupos 1 e 3. Já o fósforo está presente em maiores teores, especialmente no perfil 13 que chega a possuir 305 mg/dm<sup>3</sup>. Os teores de K apresentaram valores médios de 121 cmolc/dm<sup>3</sup>.

Para o estudo da mineralogia destes solos foi analisado por DRX a fração argila apenas dos perfis 13, 14, 20, 22, e 23 (Figura 18). Os solos dos perfis 13, 22 e 23 apresentaram difratogramas muito similares, com a presença de esmectita, ilita, quartzo, plagioclásio e chamosita. O perfil 20, além de todos os minerais dos demais, apresentou clorita e vermiculita com hidróxi entrecamadas (VHE). Destes, o perfil 14 apresentou a composição mais diferenciada, evidenciada também pelos resultados das análises químicas.





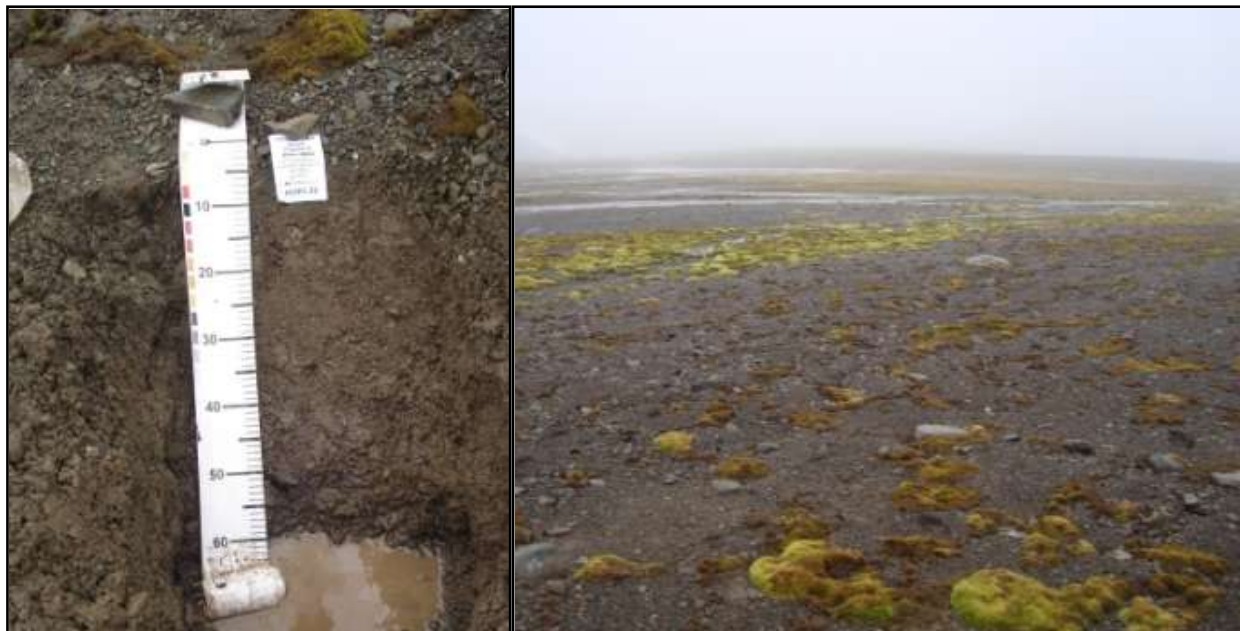
**Figura 14.** Perfil 13 e paisagem.



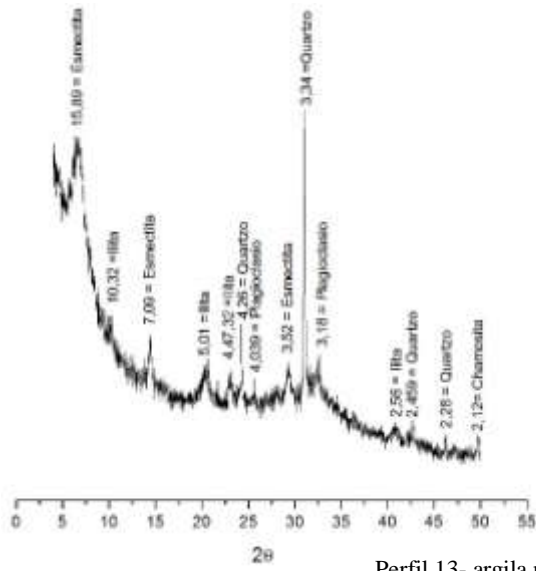
**Figura 15.** Perfil 13 e paisagem.



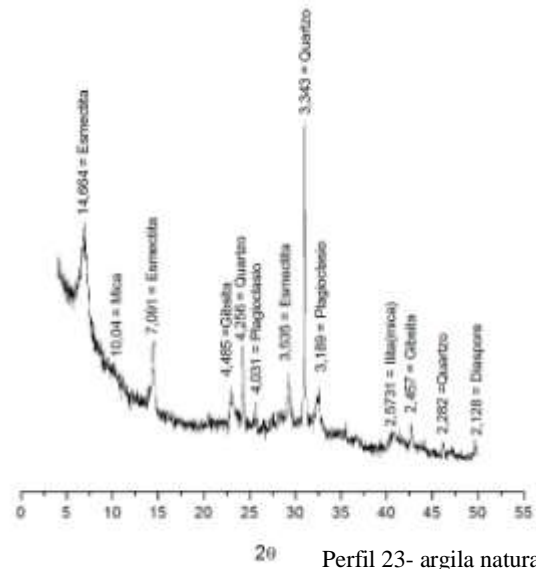
**Figura 16.** Perfil 20 e paisagem.



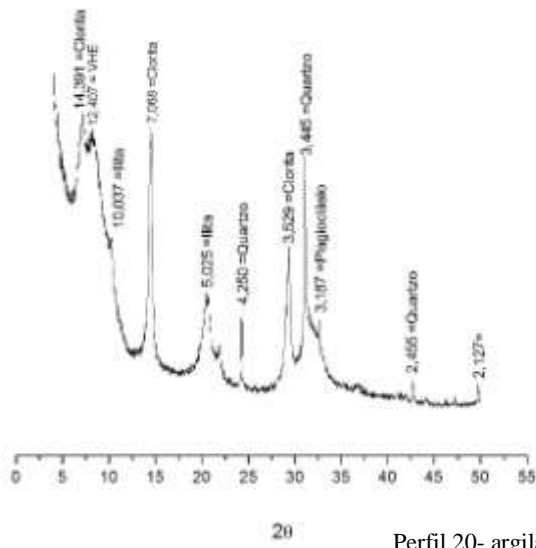
**Figura 17.** Perfil 23 e paisagem.



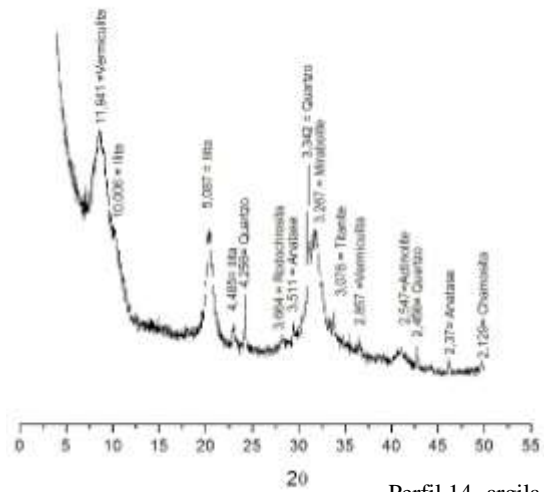
Perfil 13- argila natural



Perfil 23- argila natural



Perfil 20- argila natural



Perfil 14- argila natural

**Figura 18.** Difractogramas de raios X da argila natural dos perfis 13, 14, 20 e 23.

### 3.3.5. Solos ornitogênicos

Estes solos foram caracterizados por 3 perfis (5, 6 e 21) (Figuras 19, 20 e 21) descritos ao longo das praias Robbery. Estes apresentaram diferentes graus de influências dos processos ornitogênicos, sendo mais evidente no perfil 5, que apresentou teores de P de até 2.800 mg/dm<sup>3</sup>. Já o solo do perfil 2, com teores de aproximadamente 500 mg/dm<sup>3</sup>, pode ser considerado como fracamente ornitogênico.

O perfil 5 foi descrito a uma altitude de 30 m, sob pinguineira ativa de pinguins papua (*Pygoscelis papua*) localizada no afloramento basáltico conhecido como ponta Lair. O perfil 6 também localiza-se na ponta Lair, porém a uma altitude de 61 m na transição de um scree slope para um platô. Já o perfil 21 foi descrito em um terraço marinho nas proximidades do promontório Ray.

Os solos são rasos e pedregosos, apresentando seixos rolados em profundidade. A textura é predominantemente franco-arenosa com maior conteúdo de argila ocorrendo no perfil 21, derivado de argilitos marinhos, apresentando teor de 350 g/kg na camada mais profunda (45-60 cm). As cores variam de cinzento (2,5 Y 5/1) a bruno-escuro (10 YR 4/3) no perfil 6.

Estes solos distinguem-se claramente dos demais solos da península em diversas características químicas, tais como valores de pH mais baixos (3,7 a 5,5), alta disponibilidade de P, baixos teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup>, e teores variáveis de K<sup>+</sup> no complexo sortivo e alta atividade de Al. Resultados similares foram observados por SIMAS et al. (2004), MICHEL (2006) e SIMAS (2008) em criossolos ornitogênicos da baía do Almirantado. Além disso, apresentam elevada quantidade de matéria orgânica, com teores de até 19 % (perfil 6).

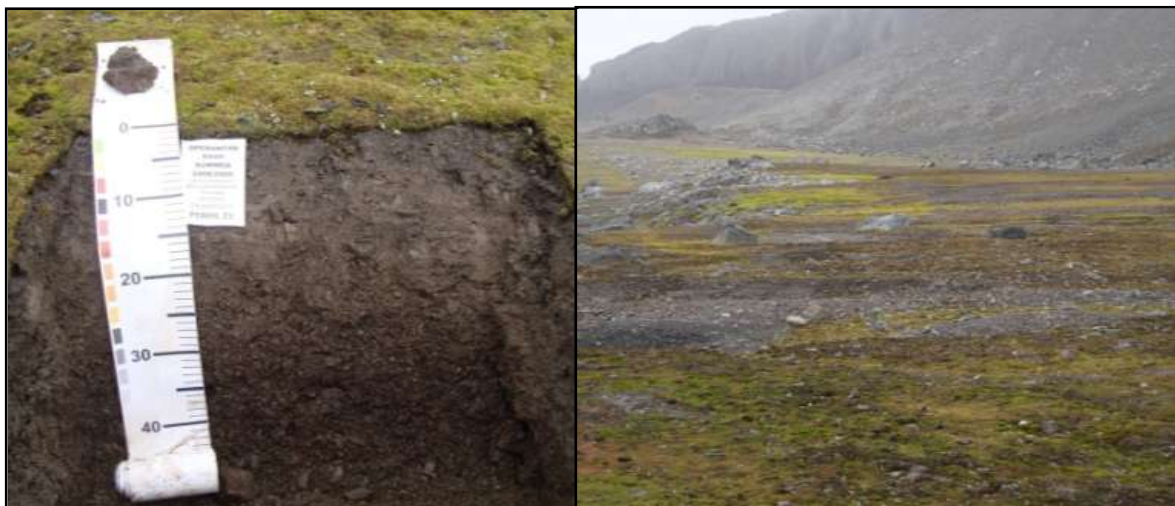
A mineralogia do perfil 21 foi distinta dos perfis 5 e 6, sendo similar aos solos do grupo 4, derivados de argilitos marinhos. Os difratogramas dos perfis 5 e 6 (Figura 22) apresentaram picos pouco definidos e com muito ruído. Isso se deve, provavelmente, à interferências da matéria orgânica, que não foi eliminada antes das análises e a presença de minerais amorfos de baixa cristalinidade. Desta forma a análise DRX ficou comprometida nesses perfis, tendo sido, identificados, entretanto a presença de plagioclásio, rhodochrosita e hematita.



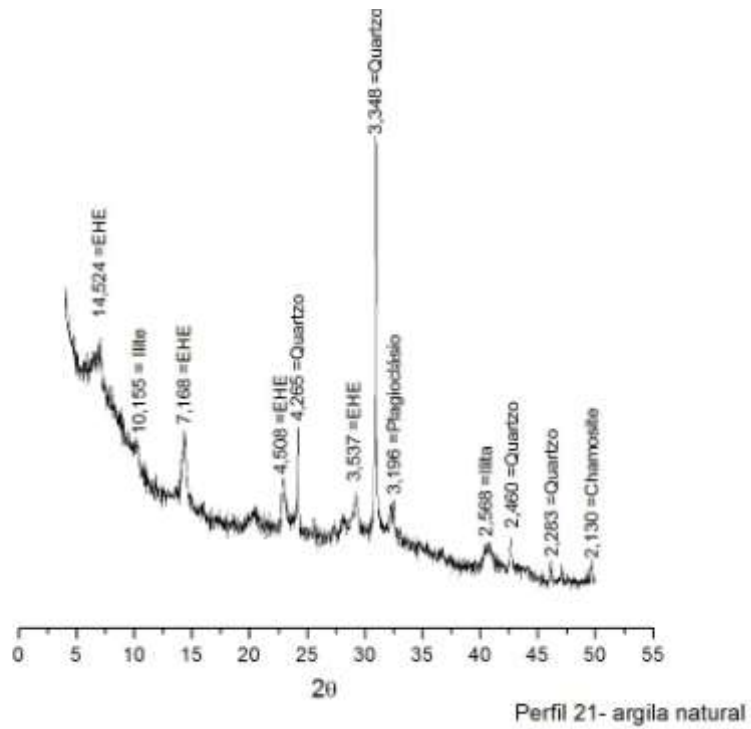
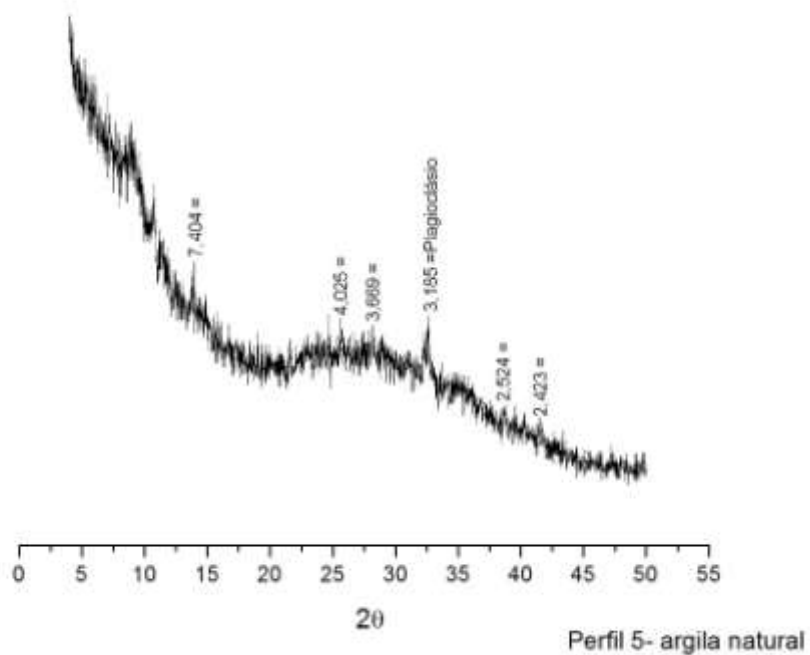
**Figura 19.** Perfil 23 e paisagem.



**Figura 20.** Perfil 6 e paisagem.



**Figure 21.** Perfil 21 e paisagem.



**Figura 22.** Difractogramas de raios X para a argila natural dos perfis 5 e 21.

#### 4 CONCLUSÃO

Os solos presentes em Byers são jovens e pouco desenvolvidos, muito pobres em matéria orgânica e variam significativamente em função do material de origem. Os solos desenvolvidos sobre influência ornitogênica são muito distintos dos demais, apresentando teores mais elevados de matéria orgânica, baixo pH, teores muito altos de P disponível, baixos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , e alta atividade de alumínio. Nessas áreas os processos de intemperismo químico são muito mais expressivos que nos demais solos, ainda assim, o intemperismo físico predomina. Nas áreas sem influência de atividade ornitogênica o intemperismo físico é muito forte e o químico quase inexpressivo. A ocorrência de argilominerais 2:1 na fração argila e minerais facilmente inemperizáveis indicam o pouco desenvolvimento dos solos e o predomínio do intemperismo físico sobre o químico.

Os freqüentes ciclos de congelamento e descongelamento da água promovem crioturbação muito intensa nos solos desenvolvidos nas regiões interiores e altas da península, formando solos com padrões em diversos locais. Nas áreas planas e estáveis predominam formas circulares e poligonais, já os locais mais declivosos apresentam formações em bancadas e faixas. Nas áreas intermediárias podem ser observadas redes. O permafrost só foi observado em dois perfis, mostrando que ao contrário do que afirmado pelos pesquisadores espanhóis, o permafrost também é descontínuo acima da cota de 30 m e a camada ativa é mais profunda do que 70 cm na maioria das áreas. Um estudo mais detalhado da distribuição do permafrost deve ser realizado para esclarecer estas questões e fornecer subsídios mais acurados para o monitoramento do permafrost em Byers.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE-FILHO, M.R., 2005. Geoquímica de solos da península Keller, Ilha Rei George, Antártica, como subsídio ao monitoramento ambiental. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.

ATS, ANTARCTIC SECRETARY TREATY, 1961, disponível em: [http://www.scar.org/treaty/at\\_text.html](http://www.scar.org/treaty/at_text.html)

BAÑÓN, M., 2001. Observaciones meteorológicas en la Base Antártica Española Juan Carlos I. Publicación A-151, Serie Monografías. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.

BJORK, S., HAKANSSON, H., ZALE, R., KARLEN, W., JONSSON, B.L., 1991. A Late Holocene lake sediment sequence from Livingston Island, South Shetland Islands, with palaeoclimatic implications. *Antarct. Sci.* 3, 61–72.

BJORK, S., HIORT, C., INGOLFSSON, O., ZALE, R., ISING, J., 1996. Holocene deglaciation chronology from lake sediments. In: López-Martínez, J., Thomson, M.R.A., Thomson, J. \_Eds., *Geomorphological Map of Byers Peninsula, Livingston Island, BAS Geomap Series, Sheet 5A*. British Antarctic Survey, Cambridge, pp. 49–51.

BIRKENMAJER, K., 2002. Retreat of Ecology Glacier, Admiralty Bay, King George Island (South Shetland Islands, West Antarctica), 1956-2001. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences* 50, 15–29.

BEYER, L., PINGPANK, K., WRIEDT, G., BÖLTER, M., 2000. Soil formation in coastal continental Antarctica (Wilkes Land). *Geoderma* 95, 283–304.

BLUMEL, W.D., EITEL, B., 1989. Geocological aspects of maritime-climatic and continental periglacial regions in Antarctica (South Shetlands, Antarctic Peninsula and Victoria Land). *Geökodynamic* 10, 201–214.

BOCKHEIM, J.G. MAZHITOVA, G. KIMBLE, J.M. TARNOCAI. C. 2006. Controversies on the genesis and classification of permafrost-affected soils. *Geoderma*, 137 ( 1-2) p 33-39.

BOCKHEIM, J.G., 1997. Properties and Classification of Cold Desert Soils from Antarctica. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 224–231.

BOCKHEIM, J.G., TARNOCAI, C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrostaffected soils. *Geoderma* 81:281-293, 1998.

CAMPBELL, I.B., CLARIDGE, G.G.C., 1987. *Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment*. Elsevier, Amsterdam. 368 pp.

CHEN, P.Y. 1977. Table of key by lines in X-ray power diffraction patterns of minerals in clays and associated rocks. *Bloomington, Dep. Nat. Res. Geol. Sur.*, 67p.

CRAME J.A., PIRRIE D., CRAMPTON J.S. e DUANE A.M. 1993. Stratigraphy and regional significance of the Upper Jurassic - Lower Cretaceous Byers Group, Livingston Island, Antarctica. *Journal of the Geological Society* 150 pt. 6: 1075-87.

ESRI. 2010. Arcgis 9.3 licenciado para o laboratório Geoflora, UFRRJ. [www.esri.com](http://www.esri.com)



- EMBRAPA - 1997. Manual de métodos de análise de solo. 2ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA/CNPS, 212 p.
- FRANCELINO, M. R. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da antártica marítima: solos, geomorfologia e cobertura vegetal da península Keller. Tese de Doutorado, Viçosa, UFV. 102p. 2004.
- FRENCH, H., M. The Periglacial Environment, 1996, editora Logman, 2 ed., 341 p.
- IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., SERRANO, E. e MARTÍNEZ DE PISÓN, E. 1996. Geomorphological features of the drainage system. In López-Martínez, J., Thomson, J.R.A. and Thomson, J.W. (Eds.) Geomorphological map of Byers Peninsula, Livingston Island. BAS GEOMAP Series, Sheet 5-A, 15-19. Cambridge, British Antarctic Survey.
- MICHEL, R.F.M., SCHAEFER, C.E.G.R., DIAS, L., SIMAS, F.N.B., BENITES, V., MENDONÇA, E.S., 2006. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation and carbon studies. Soil Sci. Soc. Am. J. 70, 1370–1376.
- MÜNSEL color. Soil color chart. New Windsor: Macbeth, 10p. 1994.
- MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta, 26 (1), 31-36. 1962.
- NAVAS, A., LOPEZ-MARTINEZ, J., CASAS, J., MACHÍN, J., DURÁN, J.J., SERRANO, E., CUSHI, J. A., MINK, S. 2008. Soil characteristics on varying lithological substrates in the South Shetlands Islands, maritime Antarctic. Geoderma 144: 123-139.
- QUESADA, A. CAMACHO, A., ROCHERA e VELÁZQUEZ, D. 2009. Byers Peninsula: A reference site for coastal, terrestrial and limnetic ecosystem studies in maritime Antarctica. Polar Science 3 (3):181-187.
- RAKUSA-SUSZCZEWSKI, S. (Ed.), 1993. The maritime Antarctic coastal ecosystem of Admiralty Bay. Polish Academy of Science, Warsaw.
- SOIL SURVEY STAFF. SSSIR no. 42, Soil Survey Laboratory Methods Manual. U.S Dept. Agr. 716 pp. 1996.
- SIMAS, F.N.B., Solos da baía do Almirantado, Antártica marítima: mineralogia, gênese, classificação e biogeoquímica. 2004. Tese de doutorado. Universidade federal de Viçosa, UFV. 165p.
- SIMAS, F.N.B., SCHAEFER, C.E.G.R. MELO, V. F., ALBUQUERQUE-FILHO, M.R. , MICHEL, R.F.M., PEREIRA, V.V. GOMES, M.R.M.; da COSTA L.M. 2007. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: Phosphatization as a soil forming process. Geoderma, 138 (3-4), p 191-203.
- SIMAS, F. N.B., C.E., SHAEFER, G.R., MELO, V.F., GUERRA, M.B.B., SAUNDERS, M., GILKES, R.J., 2006. Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. Clays Clay Miner. 54, 721–736.

- SIMAS, F.N.B. SCHAEFER, C. E. G.R. ALBUQUERQUE FILHO, M. R. FRANCELINO, M. R. FERNANDES FILHO, E. I. e da COSTA, L. M. 2008. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. *Geoderma*, 144 (1-2) p 116-122.
- SMELLIE J.L., Davies R.E.S. and Thomson M.R.A. 1980. Geology of a Mesozoic intra-arc sequence on Byers Peninsula, Livingston Island, South Shetland Islands. *British Antarctic Survey Bulletin* 50: 55-76.
- TARNOCAI C., BROLL G., BLUME H.P. 2004. Classification of Permafrost-Afected soils in the WRB. In: *Cryosols, Permafrost Afected Soils*, New York, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, p.627-637.
- UGOLINI, F.C., BOCKHEIM J. G., 2007. Antarctic soils and soil formation in a changing environment: A review, *Geoderma*, 144 ( 1-2) p 1-8.
- VIEIRA, G., M. RAMOS, S. GRUBER, C. HAUCK, J. BLANCO (2007), The permafrost environment of northwest Hurd Peninsula (Livingston Island, Maritime Antarctic): Preliminary results, in *Antarctica: A Keystone in a Changing World – Online Proceedings of the 10th ISAES*, edited by A.K. Cooper and C.R. Raymond et al., USGS Open-File Report 2007-1047, Extended Abstract 206, 4 p.
- VIEIRA, G., BOCKHEIM, J., GUGLIELMIN, M., BALKS, M., ABRAMOV, A.A., BOELHOUWERS, J., CANNONE, N., GANZERT, L., GILICHINSKY, D.A., GORYACHKIN, S., LÓPEZ-MARTÍNEZ, J., MEIKLEJOHN, I., RAFFI, R., RAMOS, M., SCHAEFER, C., SERRANO, E., SIMAS, F., SLETTEN, R., WAGNER, D. 2010 - Thermal State of permafrost and active-layer monitoring in the Antarctic: advances during the International Polar Year 2007-09. *Permafrost and Periglacial Processes*, 21(2): 182-197.

**CAPÍTULO III - ESTUDO DO COMPORTAMENTO TÉRMICO DA CAMADA ATIVA E ESTRUTURA DO PERMAFROST EM SOLOS COM PADRÕES, PENÍNSULA BYERS, ILHA LIVINGSTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA.**

## RESUMO

MOURA, Pedro. Adnet. **Monitoramento do Comportamento Térmico da Camada Ativa e Estudo da Estrutura do Permafrost em Solos com Padrões, Península Byers, Ilhas Shetlands do Sul, Antártica Marítima. 2010.** Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais e Florestais, Conservação da Natureza). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2010.

As regiões polares em ambos os hemisférios são reconhecidas como regiões chave para a avaliação e monitoramento dos impactos das alterações climáticas, particularmente as zonas periglaciais. Na Antártica estas mudanças climáticas são evidentes com impactos nos componentes abióticos e bióticos dos ecossistemas. Nas últimas 5 décadas foi registrada na estação Faraday/Vernadsky, na península antártica, uma tendência de aquecimento de 0,56 °C /década e de 1,09 °C /década no inverno. O Permafrost e a camada ativa têm sido demonstrados como altamente suscetíveis as mudanças climáticas na Criosfera, portanto o regime térmico do solo tem sido considerado um bom indicador de alterações no ambiente. As informações sobre o regime térmico da camada ativa são escassas na Antártica marítima. Desta forma, os objetivos deste trabalho foram apresentar e analisar os dados do primeiro ano do sítio de monitoramento instalado na península Byers visando fornecer informações iniciais a respeito do regime térmico da camada ativa de um criossolo na fase de *sorted circular patterned ground* na península Byers que possam contribuir para o entendimento dos principais processos periglaciais e para o monitoramento das mudanças climáticas na Antártica marítima. Foram instalados sensores de temperatura nas profundidades de 10 cm, 30 cm e 50 cm. Um sensor de umidade foi instalado aos 50 cm de profundidade, no centro e na borda do círculo. Para a análise dos dados foram analisados os dias de degelo (TD), dias isotérmicos (ID), dias de congelamento (FD), ciclos de congelamento-degelo (FTD), graus de congelamento (FDD) e graus de degelo (TDD).

Para a investigação da estrutura do permafrost o local foi estudado com um Radar de penetração do Solo TerraSIRch modelo SIR-3000 com antenas de 900 Mhz e 400 Mhz. Os dados foram processados no software RADAN 6.6<sup>®</sup>.

A borda da feição apresentou menos dias de degelo nas profundidades de 10 cm e 30 cm e valor superior na interface da camada ativa com o permafrost (50 cm). Devido a menor quantidade de água, a borda do polígono praticamente não apresenta dias isotérmicos não ocorrendo regime cortina zero. O congelamento também foi mais expressivo no centro do que na borda. O centro apresentou temperaturas ligeiramente mais frias do que a borda pedregosa.

O GPR mostrou-se adequado para a identificação da estrutura da mesa do permafrost revelando seu caráter ondulado sendo mais superficial na região do centro da feição. Pode-se concluir que esse comportamento se deve ao acúmulo de água no centro em função da maior capacidade de armazenamento proporcionada pelo material fino do centro.

**Palavras chave:** Mudanças climáticas, permafrost, patterned ground, ground penetrating radar

## ABSTRACT

**MOURA, Pedro. Adnet.** Thermal Active Layer Monitoring and Permafrost table structure under Sorted Circular Patterned Ground, **Byers peninsula, South Shetlands Islands, maritime Antarctic.**

The polar regions in both hemispheres are recognized as key regions for evaluation and monitoring of the impacts of climate change, particularly in the periglacial zones. In Antarctica these changes are evident with impacts on abiotic and biotic components of ecosystems. In the last five decades, a warming trend of 0.56 °C per decade, and 1.09 °C per decade in winter, was recorded at Faraday / Vernadsky station, almost four times higher than the global average. Permafrost and active layer have been demonstrated to be highly susceptible to climate changes in Criofera, so the thermal regime of the soil has been considered a good indicator of changes in the environment. Information on the thermal regime of active layer are scarce in the maritime Antarctic. Thus, the objective was to present and analyze data of the first year of the monitoring site, installed in Byers Peninsula aiming to provide initial information about the thermal regime of the active layer of a cryosol in a sorted patterned ground phase in Byers Peninsula that may contribute to the understanding of key processes and for monitoring periglacial climate changes in maritime Antarctica. Temperature sensors were installed at depths of 10 cm, 30 cm and 50 cm. A moisture sensor was installed at 50 cm of depth at the center and the edge of the circle. For the analysis of the data, thawing days (TD), isothermal days (ID), freezing days (FD), freeze-thaw cycles (FTD), freezing degree days (FDD) and thawing degree days (TDD), were analyzed. To study the structure of the permafrost table, the site was studied with a Ground Penetration Radar, TerraSIRch model SIR-3000 with 900 MHz antennas and 400 MHz. The data was processed with the software, Radan 6.6. The edge of the feature had fewer days of melting at depths of 10 cm and 30 cm and higher value at the interface of the active layer with permafrost (50 cm). Because of the fewer water at the edge of the feature, isotherm days and curtain zero regime does not occur. Freezing was more prominent in the center than at the edge. The center presented slight cooler temperatures than the rocky edge. The GPR was adequate to identify the structure of the permafrost table, revealing her character is a more wavy surface in the central region of the feature. It can be concluded that this behavior is due to the accumulation of water in the center because of higher storage capacity provided by the fine material from the center.

**Word keys:** Global warming, permafrost, patterned ground, ground penetarting radar

## 1 INTRODUÇÃO

As regiões polares em ambos os hemisférios são reconhecidas como regiões chave para a avaliação e monitoramento dos impactos das alterações climáticas, particularmente as zonas periglaciais (FRENCH, 1996). Na Antártica estas mudanças no clima são evidentes com impactos nos componentes abióticos (ROTT et al., 1996; VAUGHAN et al. 2003; COOK et al., 2005; TURNER et al., 2005; TURNER et al., 2008) e componentes bióticos dos ecossistemas (SMITH, 1994; CONVEY, 2001; GERINGHAUSEN et al. 2003). Nas últimas cinco décadas foi registrada na estação Faraday/Vernadsky, localizada nas ilhas Argentinas (65°15 S e 64°16W), península Antártica, uma tendência de aquecimento de 0,56 °C /década e de 1,09 °C /década no inverno (TURNER et al., 2005).

O *permafrost* e a camada ativa têm sido demonstrados como altamente suscetíveis as mudanças climáticas na Criofera (OSTERKAMP 2005), particularmente onde sua distribuição é descontínua (BURGESS *et al.* 2000). As alterações no regime térmico do solo em resposta às mudanças climáticas afetam principalmente a espessura da camada ativa e a temperatura do permafrost podendo causar a degradação ou mesmo o desaparecimento do permafrost principalmente onde ele é descontínuo, como em muitas áreas das Ilhas Shetlands do Sul e norte da península Antártica (RAMOS et al, 2006). Essas alterações também influenciam os processos de intemperismo, particularmente os processos químicos (THORN et al. 2002, DARMODY et al., 2004), podendo ativar complexos mecanismos de retro-alimentação positivos e negativos relativos aos fluxos de CO<sub>2</sub> (WALKER et al, 2003; CHAPIN et al., 2005), com influências potencialmente significativas em escala global (GRUBER et al., 2004).

A camada ativa pode ser definida como a camada superficial do solo sujeita ao congelamento e degelo anual em áreas sobre permafrost (ACGR, 1988, p. 13) ou, seguindo a definição clássica de MULLER (1945), como a máxima profundidade sazonal de penetração da isoterma 0 °C. Em regiões periglaciais, é através dela que ocorrem a maioria das trocas de energia, umidade e gases entre os sistemas atmosféricos e terrestres. O espessamento da camada ativa poderia ter um efeito importante sobre os processos geomórficos, hidrológicos, e biológicos dos ecossistemas terrestres (NELSON et al., 1993; WELLER et al., 1995).

O permafrost tem sido tradicionalmente definido como solo e/ou rocha que permanece com temperatura igual ou abaixo de 0 °C por pelo menos 2 anos consecutivos. A distribuição do permafrost na Antártica é pouco conhecida (BOCKHEIM, 1995) e são escassos os estudos de monitoramento da camada ativa e do permafrost. A logística complexa e problemas de manutenção na região Antártica são as principais causas dessa escassez. Desta forma, a comunidade científica tem se esforçado em cobrir essa lacuna. O monitoramento contínuo destes indicadores tem sido realizado principalmente no âmbito do programa internacional *Circumpolar Active Layer Monitoring* (CALM) (BROWN et al. 2000) com atividades de monitoramento em ambos os pólos. O projeto *Circumpolar Active Layer Monitoring – Southern Hemisphere* (CALM-S) acompanha a dinâmica da camada ativa em 16 sítios na Antártica, com 12 sítios nos Vales Secos Macmurdo, 2 em North Victoria Land e 2 nas Ilhas Shetland do Sul.

As variações na espessura da camada ativa possuem forte relação com a temperatura do ar, particularmente durante os meses de verão. No âmbito do ano polar internacional 2007-2008, existem 2 projetos núcleo onde o permafrost Antártico cumpre papel principal. São eles o ANTPAS – *Antarctic and Sub-Antarctic Permafrost, Soils and Periglacial Environments* e TSP –

*Permafrost Observatory Project - Thermal State of Permafrost* (BOCKHEIM e HALL, 2004, GUGLIELMIN 2006).

Em contribuição ao esforço de monitoramento das alterações climáticas na Antártica marítima o projeto Crissolos Austrais do Programa Antártico Brasileiro vem instalando uma rede de sítios de monitoramento de longo prazo do permafrost e da camada ativa nas principais áreas livre de gelo da Antártica marítima, contando atualmente com 9 sítios na península Keller, 1 na península Fildes, 1 na península Potter, 1 na península Byers, 1 na Ilha Deception e 1 em Hope Bay na península Antártica.

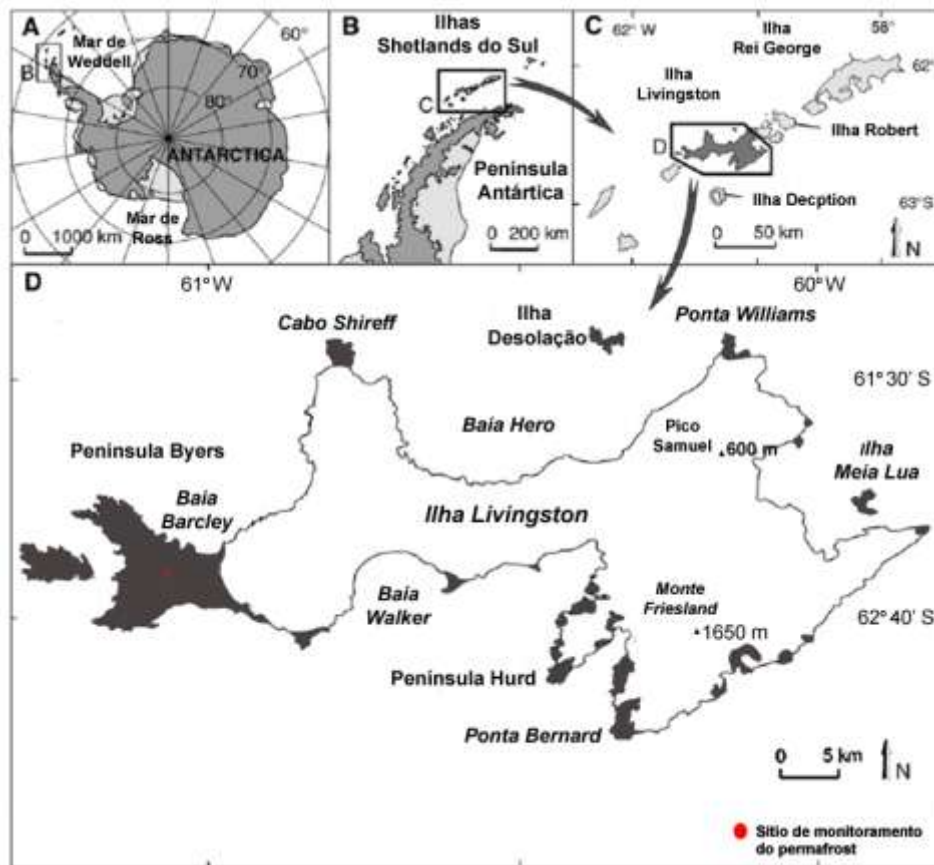
A região das Ilhas Shetlands do Sul, localizada ao noroeste da península Antártica, revela características bem marcadas de clima periglacial na zona litorânea (FRANCELINO, 2004). Para os propósitos deste estudo, o ambiente periglacial pode ser definido como aquele em que os processos relacionados à ação do congelamento e descongelamento da água predominam, podendo modificar drasticamente a superfície do solo (FRENCH, 1996). Essas modificações incluem a formação de solos poligonais (*patterned ground*).

Desta forma os objetivos deste trabalho foram apresentar e analisar os dados do primeiro ano de monitoramento do sítio instalado na península Byers visando fornecer informações iniciais a respeito do regime térmico da camada ativa de um criossolo na fase de solos com padrão na península Byers que possam contribuir para o monitoramento das mudanças climáticas na Antártica marítima.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 Área de estudo**

A península Byers, localizada na Área Antártica Especialmente Protegida - 126 (ASPA 126) (Figura 61.) vem sendo apontada com uma das áreas livre de gelo mais representativas dos ecossistemas da Antártica marítima, ideal para estudos dos ecossistemas em escala de paisagem (QUESADA, 2009). As áreas deglaciadas das Shetlands do Sul representam aproximadamente 10 % das terras emersas e experimentam um regime climático tipicamente periglacial onde os ciclos de congelamento e descongelamento da água predominam na modelagem da paisagem.



**Figura 1.** Localização do sítio de monitoramento do permafrost.

O sítio de monitoramento da camada ativa e do permafrost foi instalado numa área de *felsenmeer* na fase de solo com padrão circular ordenado no interior da península Byers nas coordenadas E 598797,511 e N 3053099,625 zona 20E (Figura 2.) e altitude de 108 m.





**Figura 2.** Local de Instalação dos sensores.

A vegetação é muito esparsa, portanto, deve influenciar pouco no regime térmico do solo. As espécies encontradas foram os líquens *Leptogium puberulum* e alguns líquens crostosos nas rochas da borda e o musgo *Sanionia uncinata* entre os maiores fragmentos de rocha. Nas imediações verifica-se uma pequena lagoa formada pela subsidência do solo em resposta à degradação do permafrost, fenômeno conhecido como *termokarst* (FRENCH, 1996).

O solo desenvolve-se a partir do intemperismo *in situ* de tufos vulcânicos. O perfil de solo analisado foi classificado de acordo com o sistema de classificação da WRB-FAO (2007) como *Glacic Turbic Cryosol (Eskeletalic, Oxyaquic)*.

## 2.2 Instalação dos data loggers

Foram instalados sensores em dois círculos de *patterned ground*, sendo um conjunto instalado na borda pedregosa do círculo e outro conjunto de sensores no centro composto por material fino de outro círculo, distantes entre si a cerca de 2 metros. Tanto a borda quanto o centro tiveram sensores de temperatura modelo 107 *temperature probe* com precisão de  $\pm 0,2$  °C, instalados nas profundidades de 10 cm, 30 cm e 50 cm (topo do permafrost). O sensor de umidade modelo CR206 (Campbel Cientific<sup>®</sup>) foi instalado aos 50 cm de profundidade, na interface da camada ativa com a camada congelada. A 1 m acima da superfície do solo foi instalado um sensor para monitorar a temperatura do ar. Cada conjunto de sensores foi conectado a um *data logger* modelo CR1000 (Campbel Cientific<sup>®</sup>) alimentado por uma bateria Power safe 92 A . Todo o equipamento foi acondicionado em caixas de marfinito e parcialmente enterradas no solo e fixadas por cordas e estacas de madeira. Os *data loggers* foram programados para realizar leituras e registrar os dados a cada hora.

## 2.3. Análise dos dados

Para descrever o regime térmico do solo foram computados os seguintes parâmetros descritos por GUGLIELMIN (2008):

- i) Média mensal e anual para a temperatura do ar e das profundidades de 10 cm, 30 cm e 50 cm.
- ii) Número de dias isotérmicos (dias em que todas as temperaturas horárias variaram entre  $\pm 0,5$  °C (CHAMBERS, 1966).
- iii) Números de dias de congelamento (aqueles onde todas as temperaturas horárias foram negativas e pelo menos um registro de temperatura inferior à - 0,5 °C)
- iv) Número de dias de degelo (dias em que todas as temperaturas horárias foram positivas com pelo menos um registro superior à +0,5 °C).
- v) Número de dias de congelamento e descongelamento (refere-se aos dias em que as temperaturas oscilam pelo menos uma vez com temperaturas superior à  $\pm 0,5$  °C).
- vi) Graus de dias de degelo (somatório dos graus dia acima de 0 °C).
- vii) Graus dias de congelamento (somatório dos graus dia abaixo de 0 °C).

Os índices de congelamento e descongelamento da camada ativa possibilitam a comparação do regime térmico do solo em direntes locais e em longo prazo servem como indicadores eficientes de mudanças climáticas locais.

O regime de congelamento desempenha papel de fundamental importância para os processos periglaciais no solo. Entre estes índices, os dias isotermais indicam que a energia no solo é consumida para a mudança de fase durante o congelamento e descongelamento, onde o calor latente da água produz o efeito conhecido como “cortina zero” (OUTCALT et al. 1990, FRENCH, 1996). De forma similar os dias de congelamento e descongelamento indicam os períodos em que a água se encontra no estado sólido e líquido, respectivamente.

## 2.4 Varredura com Georradar

No local de instalação do sítio de monitoramento foi realizada uma varredura (Figura 3.) com Radar Penetrante do solo TerraSIRch modelo SIR-3000, equipado com antenas de 400 MHz para estudos de até 4 metros e de 900 MHz, que atinge até 1 metro de profundidade, com comprimento de registro de 256 ns com 512 amostras por traço. Os dados foram coletados com 532 leituras em cada ponto e posteriormente processados no software RADAN 6.6<sup>®</sup>.



**Figura 3.** Varredura do solo com padrões com aparelho GPR.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os padrões circulares encontrados possuem diâmetro médio estimado de 1 m com uma borda pedregosa ligeiramente elevada em relação ao centro com textura franco-arenosa. As interseções entre os círculos é domínio pedregoso. Os fragmentos de rocha que compõem a borda diminuem com o aprofundamento do perfil. A camada congelada, possivelmente o topo do permafrost, foi encontrada a uma profundidade de 55 cm.

#### 3.1 Regime térmico do solo

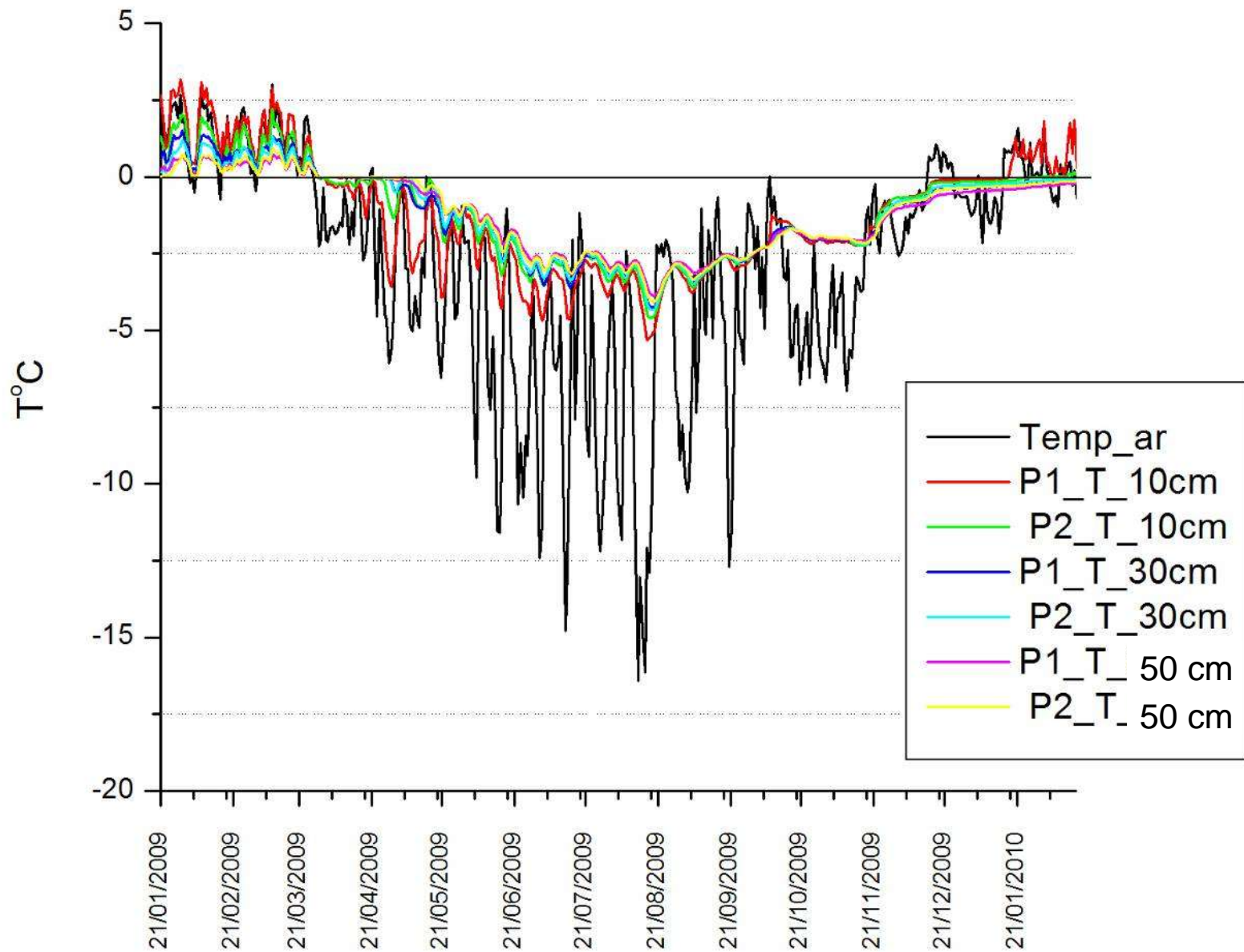
A maioria dos ambientes periglaciais experimenta alguma forma de mudança sazonal ao longo de ano. As mudanças do estado físico da água no solo são de extrema importância na dinâmica destes ecossistemas onde a expansão volumétrica proporcionada pelo congelamento da água proporciona a crioturbação e a formação de solos com padrões.

Os dados aqui analisados representam o registro das temperaturas e umidade do solo e a temperatura do ar no período compreendido entre os dias 21 de Janeiro de 2009 e 15 de fevereiro de 2010, cobrindo um período de 389 dias. A Tabela 1 apresenta um resumo dos dados.

A temperatura do ar apresenta média anual a uma altitude de 108 m acima do nível do mar de  $-2,810\text{ }^{\circ}\text{C}$ , cerca de  $0,8\text{ }^{\circ}\text{C}$  mais frio que a média ao nível do mar na península Hurd ( $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), para o período de 2000-2001 (RAMOS e VIEIRA, 2003). A figura 4 apresenta o comportamento térmico do solo.

**Tabela 1.** Comportamento térmico do ar e do solo (°C) no centro e na borda do círculo no período de 21 de janeiro de 2009 à 15 de fevereiro de 2010.

	centro 0,10 m	borda	centro 0,30 m	borda	centro 0,50 m	borda	Ar
<b>média anual</b>	-0.98	-1.16	-1.19	-1.18	-1.19	-1.18	-2.81
<b>máxima absoluta</b>	5.38	3.76	1.81	1.69	0.85	1.19	5.56
<b>mínima absoluta</b>	-5.38	-4.62	-4.28	-4.34	-3.90	-4.09	-20.60
<b>amplitude</b>	10.76	8.38	6.09	6.04	4.75	5.29	26.16
21. Jan. 2009	2.35	1.43	1.03	0.65	0.46	0.30	1.89
Fevereiro. 2009	1.58	1.02	0.80	0.63	0.40	0.43	1.13
Março. 2009	1.17	0.83	0.63	0.55	0.34	0.41	0.83
Abril. 2009	-0.85	-0.26	-0.04	-0.04	-0.03	-0.02	-2.15
Mai. 2009	-1.85	-0.89	-0.95	-0.71	-0.61	-0.51	-2.83
Junho. 2009	-2.92	-2.32	-2.13	-2.12	-1.80	-1.92	-6.28
Julho. 2009	-3.51	-3.02	-2.96	-2.89	-2.71	-2.74	-7.09
Agosto. 2009	-3.72	-3.47	-3.31	-3.35	-3.12	-3.23	-7.22
Setembro. 2009	-3.04	-2.95	-2.86	-2.90	-2.77	-2.85	-5.19
Outubro. 2009	-1.90	-1.97	-1.97	-1.98	-1.99	-1.99	-3.78
Novembro. 2009	-1.72	-1.75	-1.79	-1.79	-1.82	-1.80	-3.04
Dezembro. 2009	-0.32	-0.37	-0.59	-0.48	-0.73	-0.58	-0.51
Janeiro. 2010	0.32	-0.10	-0.28	-0.20	-0.40	-0.28	-0.20
15. Fev. 2010	0.65	0.04	-0.10	-0.07	-0.29	-0.16	-0.05



**Figura 4.** Comportamento térmico da camada ativa no período 21 de Janeiro de 2009 à 15 de Fevereiro de 2010 (P1= centro e P2 = borda do círculo).

A partir da análise das Tabelas 2 a 4 pode observar-se que de 21 de janeiro até o final de março de 2009, ocorreu degelo em todas as profundidades estudadas. Na profundidade de 10 cm foram 64 dias de degelo (TD) no centro e 59 TD na borda, não ocorrendo dias de congelamento (FD) nesse período. Porém, verifica-se que nos meses de janeiro e fevereiro do ano seguinte o período de degelo se reduziu à apenas oito dias e somente na profundidade de 10 cm, o que reforça a necessidade de um período maior de monitoramento para gerar uma série histórica que permita uma compreensão mais ampla dos padrões de temperatura para esta área.

Nos períodos de transição do verão-inverno e inverno-verão inicia-se a queda ou aumento progressivo das temperaturas, gerando o chamado período de cortina zero, onde a água presente no solo mantém a temperatura entre +0,5 °C e -0,5 °C. Nos resultado apresentado na Tabela 3, observa-se que o centro do polígono é um ambiente mais conservador da temperatura, possuindo uma quantidade maior de dias isotérmicos (ID) com baixa ou nenhuma variação, o que já não ocorre com a borda do círculo, que está mais sujeito a interferências da temperatura do ar, principalmente na profundidade de até 10 cm. Isto em parte ocorre devido a baixa capacidade da borda acumular água e assim resfriar mais rapidamente.

**Tabela 2.** Dias de degelo (thawing days) no centro e na borda do círculo.

	Thawing days					
	Centro			Borda		
	0,10 m	0,30 m	0,50 m	0,10 m	0,30 m	0,50 m
Jan. 2009	10	10	7	10	8	5
Feb. 2009	28	26	17	25	25	20
Mar. 2009	26	23	14	24	23	19
Apr. 2009	0	0	0	0	0	0
May. 2009	0	0	0	0	0	0
Jun. 2009	0	0	0	0	0	0
Jul. 2009	0	0	0	0	0	0
Aug. 2009	0	0	0	0	0	0
Sep. 2009	0	0	0	0	0	0
Oct. 2009	0	0	0	0	0	0
Nov. 2009	0	0	0	0	0	0
Dec. 2009	0	0	0	0	0	0
Jan. 2010	6	0	0	0	0	0
Feb. 2010	2	0	0	0	0	0

Em meados de abril começa o congelamento da camada superficial do solo com a presença de FD até a metade de dezembro, quando inicia-se novamente o regime cortina zero. Observa-se na Tabela 10 que o congelamento primeiramente inicia no centro do polígono e na profundidade de 10 cm. Como a água aumenta seu volume em até 10% quando congela, esse processo pode auxiliar a explicação a respeito da formação dos padrões circulares, pois favorece o deslocamento de material mais grosseiro para a borda do círculo e expande cada vez mais a circunferência, que ao entrar em contato com o círculo vizinho, promove a elevação da sua borda.

Somente de junho a novembro todo o perfil permanece com todos os dias com temperatura de congelamento (Figura 4).

**Tabela 3.** Dias isotérmicos (*Isothermal days*) no centro e na borda do círculo

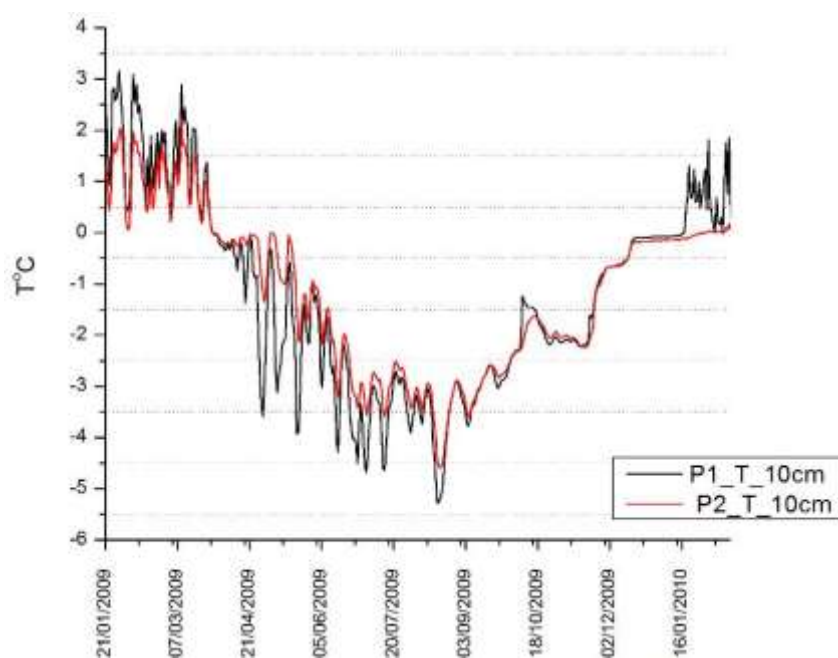
	Isothermal days					
	Centro			Borda		
	0,10 m	0,30 m	0,50 m	0,10 m	0,30 m	0,50 m
Jan.21. 2009	0	0	3	0	0	0
Feb. 2009	0	2	11	1	0	0
Mar. 2009	5	8	17	1	0	0
Apr. 2009	13	30	30	0	0	0
May. 2009	1	5	13	0	0	0
Jun. 2009	0	0	0	0	0	0
Jul. 2009	0	0	0	0	0	0
Aug. 2009	0	0	0	0	0	0
Sep. 2009	0	0	0	0	0	0
Oct. 2009	0	0	0	0	0	0
Nov. 2009	0	0	0	0	0	0
Dec. 2009	18	16	1	0	0	0
Jan. 2010	17	31	30	0	0	0
Feb.15.2010	3	14	14	2	1	1



**Tabela 4.** Dias de congelamento (*freezing days*) para o solo estudado.

	freezing days					
	Centro			Borda		
	0,10 m	0,30 m	0,50 m	0,10 m	0,30 m	0,50 m
19 de Jan. 2009	0	0	0	0	0	0
Feb. 2009	0	0	0	0	0	0
Mar. 2009	0	0	0	0	0	0
Apr. 2009	17	0	0	4	0	0
May. 2009	30	26	18	23	21	12
Jun. 2009	30	30	30	30	30	30
Jul. 2009	31	31	31	31	31	31
Aug. 2009	31	31	31	31	31	31
Sep. 2009	30	30	30	30	30	30
Oct. 2009	31	31	31	31	31	31
Nov. 2009	30	30	30	30	30	30
Dec. 2009	13	15	30	13	14	16
Jan. 2010	0	0	1	0	0	0
15 Feb. 2010	0	0	0	0	0	0

Analisando-se as médias anuais entre o centro e a borda do círculo (Tabela 1) verifica-se que na profundidade de 10 cm o centro do polígono apresentou temperatura média ligeiramente superior em relação a borda assim como uma maior amplitude térmica.



**Figuras 5.** Comportamento térmico do solo a profundidade de 10 cm, onde P1= centro e P2 = borda.

A amplitude térmica apresentou-se maior para o centro na profundidade de 10 cm, provavelmente devida ao maior conteúdo de água proporcionada pelo alto conteúdo de material fino. A menor amplitude térmica na borda do círculo pode-se ser explicada pela formação de bolsões de ar em meio ao material grosseiro que compõe a borda do círculo, atuando como isolante térmico. Entretanto, esse efeito diminui em profundidade seguindo a diminuição do tamanho dos blocos de pedra, característica de *patterned ground* formado pelo fenômeno de crioturbação.

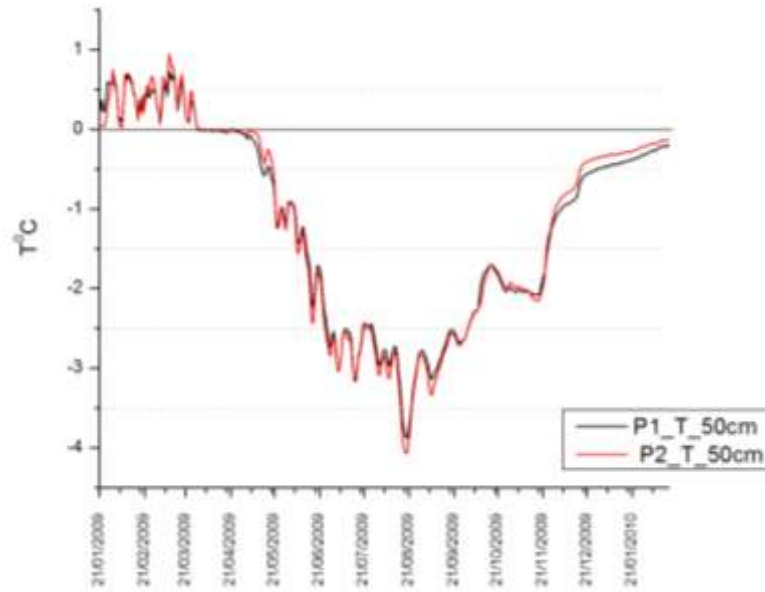
A matriz de correlação (Tabela 6) mostra uma maior relação entre as temperaturas do ar e do solo na profundidade de 10 cm e menor à profundidade de 50 cm na interface do gelo cimentado com a camada ativa. Estes resultados mostram que as oscilações na temperatura do ar influenciam mais pronunciadamente as camadas mais superficiais do solo. Comparando-se mesmas profundidades entre o centro e a borda percebe-se que o material grosseiro que compõe a borda do círculo possui uma menor correlação com a temperatura do ar.

Na profundidade de 30 cm (Figura 5) o comportamento foi similar, sem diferenças significativas entre borda e centro.



**Figura 6.** Comportamento térmico do solo a profundidade de 30 cm onde P1= centro e P2 = borda.

A figura 7 apresenta o comportamento térmico do solo na profundidade de 50 cm.



**Figura 7.** Comportamento térmico do solo a profundidade de 50 cm, onde P1= centro e P2 = borda.

**Tabela 5.** Matriz de correlação para os dados de temperaturas

	Ar	Centro 10cm	Borda 10cm	Centro 30cm	Borda 30cm	Centro 50cm	Borda 50cm
Ar	1						
Centro 10cm	0.811292046	1					
Borda 10cm	0.770487683	0.9582969	1				
Centro 30cm	0.746851437	0.936828455	0.99183211	1			
Borda 30cm	0.742431701	0.920524555	0.989876637	0.995401379	1		
Centro 50cm	0.708482876	0.888989946	0.973007319	0.9896031	0.993225461	1	
Borda 50 cm	0.715482009	0.888267578	0.974790192	0.98693106	0.995744023	0.997575395	1

### 3.2 Varredura com o georadar

A utilização da antena de 400 MHz gerou resultados promissores para o entendimento do comportamento do permafrost e da camada ativa em situação de solos com padrões. A figura 8 refere-se a parte do radargrama utilizando a antena de 400 MHz. Pode-se observar que na altitude aproximada de 110 m, numa faixa de aproximadamente 600 metros, entre a base do Chester Cone e o ponto do perfil 1, o permafrost é descontínuo, com profundidade irregular e base ondulada. O forte refletor observado próximo da superfície refere-se a base da camada ativa, na interface com a superfície do permafrost, que apresenta-se relativamente plano. A profundidade de alcance foi de aproximadamente 2 m.

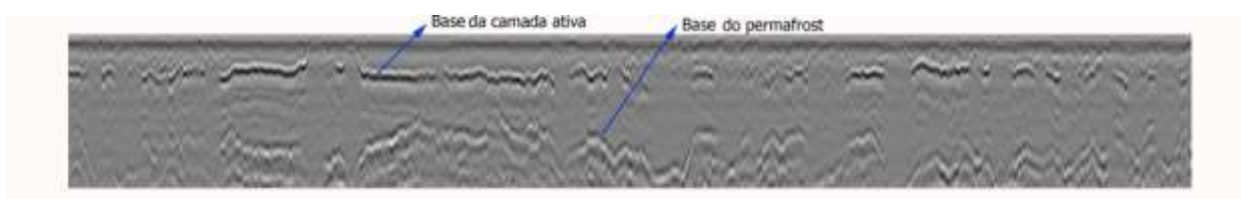


Figura 8. Radargrama com antena de 400 MHz.

Já no radargrama da antena de 900 MHz (Figura 9) pode-se observar claramente o efeito que os círculos na superfície ocasionam na estrutura do permafrost e da camada ativa. Abaixo dos círculos observa-se um acúmulo de umidade, registrado com forte refletor descontínuo. A presença do padrão circular na superfície ocasionou uma depressão no refletor da base da camada ativa, gerando o efeito ondulado na base da camada ativa.

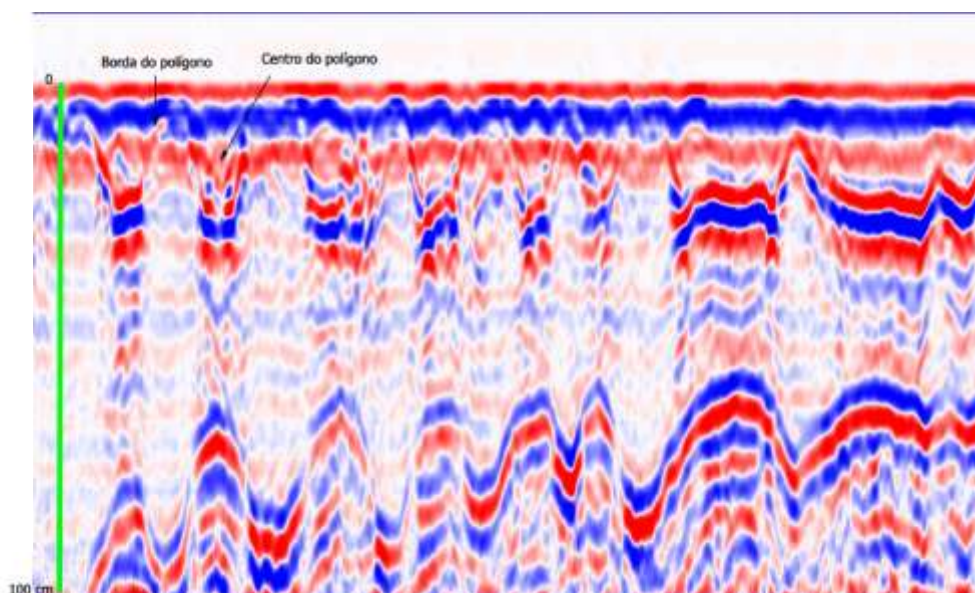


Figura 9. Radargrama obtido com antena de 900 MHz.

## 4 CONCLUSÃO

O sítio de monitoramento do permafrost foi adequadamente instalado produzindo uma primeira série de dados que permite uma caracterização inicial do comportamento térmico da camada ativa numa área de solos com padrões, evidenciando períodos de congelamento e descongelamento. Porém, é necessário um período maior de leitura para que os dados realmente registrem a dinâmica térmica da camada ativa e do permafrost e o seu efeito no desenvolvimento do padrão circular na península Byers. Com os dados preliminares foi possível verificar pequena diferenciação entre a borda e o centro da feição, onde a presença de material mais fino no centro permitiu maior variação térmica quando comparado com a borda. Devido à menor quantidade de água, a borda do polígono praticamente não apresenta dias isotermais. O congelamento também foi mais expressivo no centro do que na borda. O centro apresentou temperaturas ligeiramente mais frias do que a borda pedregosa. O GPR equipado com a antena de 400 MHz mostrou-se adequado para a identificação da estrutura da mesa do permafrost revelando seu caráter ondulado sendo mais superficial na região do centro da feição. Pode-se concluir que esse comportamento se deve ao acúmulo de água no centro em função da maior capacidade de armazenamento proporcionada pelo material fino. O sítio do permafrost foi adequadamente caracterizado e servirá em médio/longo prazo, especialmente quando comparado com outros sítios de monitoramento da Antártica marítima, para detectar mudanças climáticas na região.

## 5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACGR (Associate Committee on Geotechnical Research) 1988. Glossary of permafrost and related ground ice terms. Permafrost Subcommittee, national Research Council of Canada, technical memorandum 142, 156 p.
- BOCKHEIM, J., 1995, Permafrost distribution in Southern circumpolar region and its relation to the environment: a review and recommendations for further research, *Permafrost and Periglacial Processes*, 6, 27-45
- BOCKHEIM, J.G., and K.J. HALL (2002), Permafrost, active layer dynamics and periglacial environments of continental Antarctica, *South Afr. J. Sci.*, 98, 82-90.
- BURGESS M.M., SMITH, S.L., BROWN, J., ROMANOVSKY, V. AND HINKEL, K. 2000. The Global Terrestrial Network of Permafrost (GTNet-P): permafrost monitoring contributing to global climate observations; Geological Survey of Canada, Current Research 2000E-14; 8p. (Online; <http://www.nrcan.gc.ca/gsc/bookstore>)
- COOK, A.J., FOX, A.J., VAUGHAN, D.G., FERRIGNO, J.G., 2005. Retreating glacier fronts on the Antarctic Peninsula over the past half-century. *Science* 308, 541–544.
- CONVEY, P., 2001. Terrestrial ecosystem response to climate changes in the Antarctic. In: WALTHER, G.-R., BURGA, C.A., EDWARDS, P.J. (Eds.), 'Fingerprints' of Climate Change — Adapted Behaviour and Shifting Species Ranges. Kluwer, New York, pp. 17–42.
- CHAPIN, F.S., STURM, M., SERREZE, M.C., et al., 2005. Role of land-surface changes in Arctic summer warming. *Science* 310, 657–660.
- CHAMBERS, M.J.G., 1966. Investigations on patterned ground at Signy Island, South Orkney Islands: II. Temperature regimes in the active layer. *British Antarctic Survey Bulletin* 10, 71–83.
- DARMODY, R.G., THORN, C.E., SCHLYTER, P., DIXON, J.C., 2004. Relationship of vegetation distribution to soil properties in Kärkevagge, Swedish Lapland Arctic. *Antarctic and Alpine Research* 36 (1), 21–32.
- FRANCELINO, M .R. . 2004. Geoprocessamento aplicado ao monitoramento ambiental da Antártica marítima: solos e geomorfologia da península Keller. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa 143p.
- FRENCH, H., M. The Periglacial Environment, 1996, editora Logman, 2 ed., 341 p.
- GERINGHAUSEN, U., BRÄUTIGAM, K., OSAMA, M., HANS-ULRICH, P., 2003. Expansion of vascular plants on an Antarctic island — a consequence of climate change? In: HUISKES, A.H.L., GIESKES, W.W.C., ROZEMA, J., SCHORNO, R.M.L., VAN DER VIES, S.M., WOLFF, W.J. (Eds.), *Antarctic Biology in a Global Context*. Backhuys, Leiden, pp. 79–84.
- GUGLIELMIN, M., 2006. Ground surface temperature (GST), active layer, and permafrost monitoring in continental Antarctica. *Permafrost and Periglacial Processes* 17 (2), 133–143.
- GUGLIELMIN, M., ELLIS EVANS, C. J.; and CANNONE, N., 2008. Active layer thermal regime under different vegetation conditions in permafrost areas. A case study at Signy Island (Maritime Antarctica). *Geoderma* 144, 73–85.

GRUBER, N., FRIEDLINGSTEIN, P., FIELD, C.B., VALENTINI, R., HEIMANN, M., RICHEY, J.E., ROMERO-LANKAO, P., SCHULZE, D., CHEN, C.-T.A., 2004. In: Field, C.B., RAUPACH, M.R. (Eds.), *Toward CO2 stabilization: issues, strategies, and consequences*. Island Press, Washington, DC, pp. 45–76.

IUSS Grupo de Trabajo WRB. 2007. *Base Referencial Mundial del Recurso Suelo*. Primera actualización 2007. *Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103*. FAO, Roma.

MULLER, S. W. (1945) permafrost or permanently frozen ground and related engineering problems. United States Engineers Office, Strategic Engineering Study, special Report No. 62, 136p (reprinted in 1947, Ann Arbor, Michigan: J. W. Edwards, 231 p.

NELSON, F.E., A.H. LACHENBRUCH, M.-K. WOO, E.A. KOSTER, T.E. OSTERKAMP, M.K. GAVRILOVA, AND CHENG. G.D. 1993 Permafrost and changing climate. In *Proceedings of the Sixth International Conference on Permafrost*. South China University of Technology Press, Wushan, Guangzhou, China, p. 987–1005.

OSTERKAMP, T.E., 2005. The recent warming of permafrost in Alaska. *Global and Planetary Change* 49, 187–202.

QUESADA, A. CAMACHO, A., ROCHERA e VELÁZQUEZ, D. 2009. Byers Peninsula: A reference site for coastal, terrestrial and limnetic ecosystem studies in maritime Antarctica. *Polar Science* 3 (3):181-187

RAMOS, M., VIEIRA, G. Active layer and permafrost monitoring in Livingston Island, Antarctic. First results from 2000 to 2001. 2003. In: Phillips, M., Springman, S.M., Arenson, L. (Eds.), *Proceedings of the 8<sup>th</sup> International Conference on Permafrost*, Zurich, Switzerland, 21–25, 2003. Balkema Publishers, Lisse, pp. 929–933.

RAMOS, M. VIEIRA, G. GRUBER, S. BLANCO, J. J. HAUCK, C.. HIDALGO, M. A TOMÉ, D. NEVES, M. AND TRINDADE, A. 2006. Permafrost and active layer monitoring in the maritime Antarctic: Preliminary results from CALM sites on Livingston and Deception Islands. U.S. Geological Survey and The National Academies; USGS OF-2007-1047, Short Research Paper 070, doi:10.3133/of 2007-1047.srp070

ROTT, H., SKVARCA, P., NAGLER, T., 1996. Rapid collapse of Northern Larsen Ice Shelf, Antarctica. *Science* 271, 788–792.

SMITH, R.I.L., 1994. Vascular plants as bioindicators of regional warming in Antarctica. *Oecologia* 99, 322–328.

TURNER, J; CONVEY, P.; di PRISCO, G.; MAYEWSKI, P.; HODGSON, D., FAHRBACH, E.; BINDSCHADLER, R.; SUMMERHAYES, C. 2008. *Antarctic Climate Change and the Environment*, Scientific Committee Antarctic Resource (SCAR), 495 p.

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

THORN, C.E., DARMODY, R.G., ALLEN, C.E., DIXON, J.C., 2002. Near-surface ground temperature regime variability in selected microenvironments, Kärkevagge, Swedish Lapland. *Gografiska Annaler* 84A, 289–300.

VAUGHAN, D. G. MARSHALL, G. J. CONNOLLEY, W. M. C. KING, J. C. e MULVANEY R. Climate change: devil in the detail, 2001. *Science* **293** (5536), 1777.

VAUGHAN, D.G., MARSHALL, G.H., CONNOLLEY, W.C., PARKINSON, C., MULVANEY, R., HODGSON,D.A.,KING, J.C., PUDSEY, C.J., TURNER, J., 2003. Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula. *Climatic Change* 60, 243–274.

WALKER, D.A., JIA, G.J., EPSTEIN, H.E., RAYNOLDS, M.K., CHAPIN III, F.S., COPASS, C., HINZMAN, L.D., KNUDSON, J.A., MAIER, H.A., MICHAELSON, G.J., NELSON, F., PING, C.L., ROMANOWSKY, V.E., SHIKLOMANOV, N., 2003. Vegetation– soil–thaw–depth relationships along a low-Arctic bioclimate gradient, Alaska: synthesis of information from the ATLAS studies. *Permafrost and Periglacial Processes* 14, 103–123.

WELLER, G., LYNCH, A., OSTERKAMP, T. E. and WENDLER, G. 1995. Climate change and its effects on the physical environment in Alaska. *Proceedings of a Workshop, AAAS, Fairbanks, AK.*



## CONCLUSÃO GERAL

A península Byers apresenta-se ideal para estudos em escala de paisagem na Antártica marítima apresentando-se com um sítio de referência para realização de pesquisas científicas na região.

Os solos são em geral rasos e pedregosos, com textura predominantemente grosseiras e baixo conteúdo de argila. Entretanto, os solos derivados de argilitos marinhos apresentaram maiores conteúdos de argila. Os solos com influência ornitogênica apresentam teores elevados de P, baixos teores  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  no complexo sortivo, pH ácido e alta atividade de Al. A grande maioria dos solos é muito pobre em matéria orgânica, sendo os maiores teores observados nos solos ornitogênicos. As análises mineralógicas apontaram a presença argilominerais 2:1 em todos os perfis estudados com predomínio de esmectita, clorita e illita e interestratificados. Também foram detectados plagioclásio, quartzo e hematita. A presença de minerais 2:1 associada à textura grosseira evidencia o fraco desenvolvimento destes solos, assim como o predomínio do intemperismo físico sobre o químico na pedogênese da península Byers.

O comportamento térmico da camada ativa pode ser inicialmente caracterizado disponibilizando informações úteis para o entendimento da pedogênese, da crioturbação e mudanças climáticas na região da Antártica marítima.

## ANEXO 1

Descrição dos perfis de acordo com o Protocolo ANTPAS.

### Número do Perfil: 1

- **Classificação dos solos - WRB:** *Glacíc Turbíc Cryosol (Esquelético, Oxyaquico)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 20/01/09
- **Coordenada UTM:** E 598797,511/ N 3053099,625 zona 20E **Altitude:** 108 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura N. Perfil 1.



Figura O. Paisagem do local onde o perfil 1 foi descrito.

- **Geoforma:** Platô estrutural em superfície crioplanada formando *felsenmeer* como padrão de solos circulares (Figura O).
- **Material de origem**– Tufo vulcânico
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** *Sorted circular patterned ground* com diâmetro médio de 1 m. As bordas apresentam ligeira elevação em relação ao centro. O centro é composto por material fino. A borda é composta de fragmentos grosseiros de forma semi-laminar de fragmentos tufo vulcânico com tamanho médio de 10 cm. Os fragmentos de rocha da borda diminuem de tamanho em profundidade.

- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Foram observados os líquens *Leptogium puberulum* e *Placopsis contortuplicata* dispersos na área. Entre fragmentos de rocha de maior tamanho e no centro dos círculos foram encontradas briófitas das espécies *Sanionia uncinata* (Hedw.) Loeske, *Polytrichastrum alpinum* (Hedw.) G.L. Smith e *Ditrichum* sp.

### Horizontes:

**0-15 cm:** textura franco-arenosa, 21,8 % de cascalhos, cinzento-oliváceo-claro (5 Y 6/2), temperatura de 3,5 °C

**15- 35 cm:** textura franco-arenosa, 55,8 % de cascalhos, amarelo-claro-acinzentado (5 Y 7/3), temperatura de 3,1 °C.

**35 – 53:** textura franco-arenosa, 34,6 % de cascalhos, amarelo-claro-acinzentado (5 Y 7/3), temperatura de 2,1 °C

**53+ -** gelo cimentado

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** presente aos 53 cm.
- **Profundidade do permafrost:** 53 cm.
- **Presença de ação antrópica:** não

Horiz.	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
(cm)	dag/kg					
0-15	21.8	30	19	44	7	FRANCO-ARENOSA
15-35	55.8	41	12	30	17	FRANCO-ARENOSA
35-50	34.6	42	16	29	13	FRANCO-ARENOSA

- **Amostras coletadas:** 3

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.69	5.7	36	79	447.1	6.17	12.98	0	1	21.29	21.29	22.29	95.5	0	9.13	0.38	39.1	6.92	583.2	91.8	2.18
15-35	7.95	5.84	26.5	85	357	10.06	19.15	0	1.1	30.98	30.98	32.08	96.6	0	5.01	0.64	37.8	8.52	455.7	110.5	2.47
35-50	8.13	6.28	31.1	80	447.1	8.06	13.98	0	1	24.18	24.18	25.18	96	0	8.04	0.64	44.2	7.98	424.1	107.3	2.57

**Tabela 1.** Atributos físicos do perfil 1.

**Tabela2.** Atributos químicos do perfil 1.

**Observações gerais:** Local de instalação do sítio de monitoramento térmico da camada ativa.

- **Número do Perfil:**2
- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Oxyaquic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 20/01/09
- **Coordenada UTM:** E 599081,688 / N3054566,119 zona 20E **Altitude:** 75,3 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura N. Perfil 2



Figura O. Paisagem do local onde o perfil 2 foi descrito

- **Geoforma:** Rampa de deposição (scree slope) suave (6° de declividade) com fluxo de água de degelo.
- **Material de origem**– Tufo vulcânico misturado com sedimentos de basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** Patterned ground pouco desenvolvidos com diâmetro de 30 – 40 cm associados com padrão estriado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Predomínio do líquen *Leptogium puberulum* e da briófito *Sanionia uncinata*.

#### **Horizontes:**

0-10 cm: Textura franco-arenosa, 20,7 % de cascalhos, cor bruno-escuro (7.5 YR 3/2), presença de material fíbrico oriundo de briófitas nos primeiros 5 cm. Temperatura de 3,1 °C.

10-35: Textura franco-arenosa, 24,4 % de cascalhos, bruno (7.5 YR 4/2) perfil encharcado aos 25 cm. temperatura de 2,6 °C.

35+- gelo cimentado

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** presente.
- **Profundidade do permafrost:** 35 cm.
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 2

**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 2

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
(0-10)	20.6804	52	26	12	10	FRANCO-ARENOSA
(10-25)	24.3977	57	16	11	16	FRANCO-ARENOSA

**Figura 4.** Atributos químicos do perfil 2

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-10	6.9	4.74	41	164	427.1	7.26	16.25	0.1	3.2	25.79	25.89	28.99	89	0.4	7.17	1.6	33.4	2.6	356	32.8	4.13
10-25	7.17	5.05	55.7	173	417.1	12.66	18.68	0	2.1	33.59	33.59	35.69	94.1	0	5.4	1.28	33.7	2.51	322.6	25.7	5.17

- **Número do Perfil:** 3
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Fluvisol (Arenic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 20/01/09
- **Coordenada UTM:** E 599719,384 / N3055454,806 zona 20E **Altitude:** : 28,6 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura N. Perfil 3.

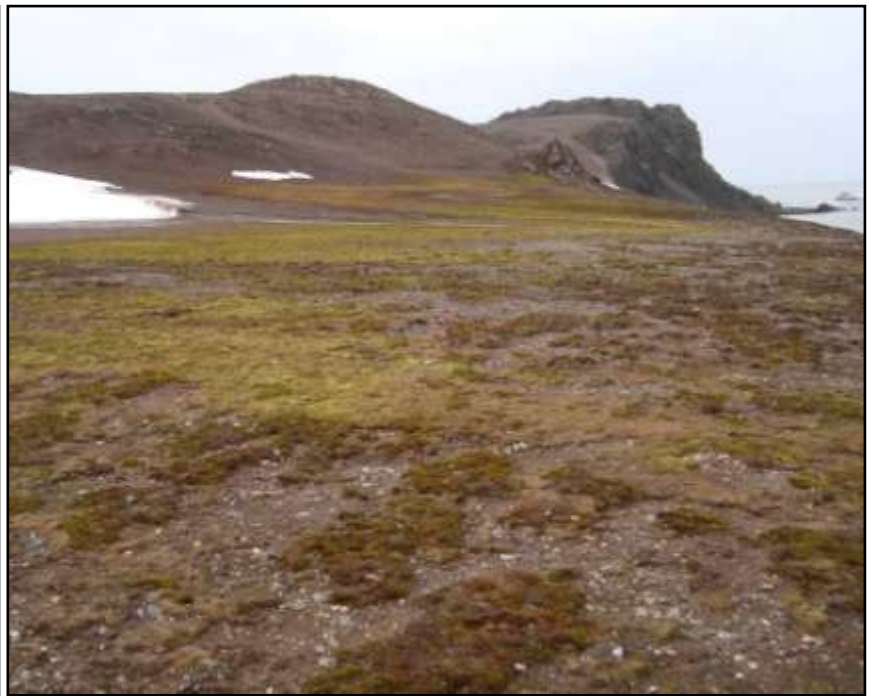


Figura O. Paisagem do local onde o perfil 3 foi descrito

- **Geoforma:** Terraço marinho soerguido.
- **Material de origem**– Sedimentos marinhos do Holoceno.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** ausente
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** A vegetação presente forma um carpete descontínuo onde predomina a espécie de briófitas *Sanionia uncinata*.

**Horizontes:**

**0-15 cm:** Textura franco-arenosa, 29,7 % de cascalho, vermelho-acinzentado (2.5 YR 4/2), temperatura no momento da coleta de 5,5 °C.

**15-35 cm:** Textura franco-arenosa, 12 % de cascalho com blocos arredondados de basalto, temperatura de 5,6 °C.

**35 -75 +:** Textura areia-franca, 21,4 % de cascalho, presença de pequenos seixos arredondados, bruno-oliváceo-claro (2.5 Y 5/4), temperatura de 5,3 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 3

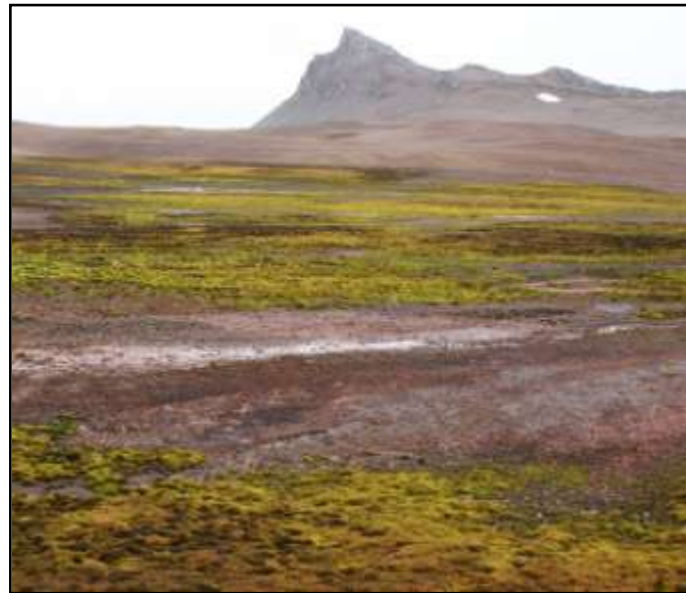
**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 3

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-15	29.7129	53	24	11	12	FRANCO-ARENOSA
15-35	12.0043	49	27	18	6	FRANCO-ARENOSA
35-75+	21.4089	52	27	17	4	AREIA-FRANCA

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 3

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	5.47	3.85	111.8	183	437.1	8.41	18.14	8.1	13.8	28.92	37.02	42.72	67.7	21.9	5.13	0.96	16.8	1.77	440.7	17.5	4.12
15-35	5.62	3.92	74	102	151.9	9.81	14.96	12.24	18.3	25.69	37.93	43.99	58.4	32.3	1.74	0.38	3.4	3.93	504.6	21.3	8.1
35-75	7.14	4.07	96.2	174	196.6	25.8	20.92	0.48	2.4	48.02	48.5	50.42	95.2	1	1.76	0.26	45.2	2.11	746.7	50.1	6.8

- **Número do Perfil:** 4
- **Classificação dos solos - WRB:** *Gelistagnic Regosol (Turbic, Arenic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 21/01/09
- **Coordenada UTM:** E 600435 / N 3054493 zona 20E **Altitude:** 44,2 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



**Figura A.** Perfil 4- *Gelistagnic Regosol (Turbic, Arenic)*. **Figura B.** Paisagem do perfil 4.

- **Geoforma:** Terço inferior de rampa de deposição em relevo suave ondulado. Área encharcada com água de degelo.
- **Material de origem**– Tufo vulcânico misturado com basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** ausente
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Predomínio de *Sanionia uncinata* e *Polytrichastrum alpinum* em associação com algumas outras espécies de briófitas e líquens.



Horizontes:

**0-15 cm:** Textura areia-franca, com presença comum de fragmentos de rochas com diferentes diâmetros, 22,4 % de cascalho, cinzento-escuro (10 YR 4/1), temperatura de 5,6 °C.

**15-37+ cm:** Textura franco-arenosa, 31,8 % de cascalho, bruno-avermelhado-escuro (5 YR 4/2), temperatura de 3,8 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 2

**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 4

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-15	22.4518	61	20	9	10	AREIA-FRANCA
15-37+	31.8942	64	15	9	12	FRANCO-ARENOSA

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 4

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC(t)	CTC(T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.26	4.99	98.9	158	447.1	14.71	18.96	0	1.6	36.01	36.01	37.61	95.7	0	5.4	0.38	40.4	1.69	230.8	63.8	6.13
15-37+	7.74	5.58	83.7	164	427.1	11.35	15.1	0	1	28.73	28.73	29.73	96.6	0	6.46	0.38	38.7	2.36	291.8	70.6	6.7

- **Número do Perfil:** 5
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Leptosol (Ornithic, Skeletic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 21/01/09
- **Coordenada UTM:** E 600870,5 / N3055492,6 zona 20E    **Altitude:** 30,4 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Geoforma:** Terço inferior de rampa de deposição.
- **Material de origem**– basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observada.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Predomínio da alga *Prasiola crispera* associada com líquens ornitocoprófilos. *Daschampsia antarctica* e *Colobanthus quitensis* formam pequenas comunidade na parte superior da rampa.

**Horizontes:**

0-5 cm, Textura franco-arenosa, 71,3 % de cascalho, bruno-acinzentado (10YR 5/2) estrutura moderada granular grande, temperatura de 8,3 °C.

**5-20 cm:** Textura franco-arenosa, 75,9 % de cascalho, cinzento (10 YR5/1), temperatura de 6,9 °C, com faixa de fragmentos de rocha enterrados.

**20-40 cm:** Textura franco-arenosa, 41,8 % de cascalho, bruno (10 YR 5/3), temperatura de 5,5 °C.

**40-65+ cm:** Textura franco-arenosa, 77,5 % de cascalho, cinzento (10 YR 6/1), temperatura de 4,4 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 4

**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 5

profundidade	% > 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-5	71.3597	46	20	19	15	FRANCO-ARENOSA
(5-20)	75.9747	47	20	19	14	FRANCO-ARENOSA
20-40	41.8121	61	16	11	12	FRANCO-ARENOSA
40-65	77.5687	49	15	20	16	FRANCO-ARENOSA

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 5

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-5	3.88	3.22	1228.8	748	184	1.89	0.56	3.18	27.8	5.16	8.34	32.96	15.7	38.1	9.59	3.52	46.3	2.53	376.7	2.1	11.58
5-20	3.46	3.01	2810.7	342	194	0.92	0.23	4.92	32.3	2.86	7.78	35.16	8.1	63.2	10.84	3.2	40.5	1.23	565.8	1.7	11.26
20-40	3.8	3	1151.8	406	266.8	1.21	0.21	8.19	30.4	3.62	11.81	34.02	10.6	69.3	9.82	2.43	35.9	0.62	663.6	1.3	9.93
40-65	3.9	3.26	2202.2	426	183	0.94	0.18	4.34	30.2	3.01	7.35	33.21	9.1	59	10.83	2.94	26.6	1.25	898.1	1.4	10.86

- **Número do Perfil:** 6
- **Classificação dos solos - WRB:** *Histic Cryosol (Oxyaquic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 21/01/09
- **Coordenada UTM:** E 600699,5 / N3055459,9 zona 20E **Altitude:** 61,9 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



**Figura Y.** Perfil 6 *Histic Cryosol (Oxyaquic)*

**Figura Z.** Paisagem do perfil 6.

- **Geoforma:** Terço inferior de rampa de deposição suave em transição para platô.
- **Material de origem**– basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observada.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado

○ **Vegetação/ organismos:** O encharcamento do terreno propicia o desenvolvimento de espesso tapete de briófitas, com predomínio de *Sanionia uncinata* e *Policastrum alpinum*. Foram observados ácaros sob as briófitas.

Horizontes:

**0-20 cm:** Textura franco-arenosa, 39 % de cascalho, bruno-escuro (10 YR 4/3), Composto principalmente por material fíbrico oriundo de briófitas. Temperatura de 5 °C.

**20-30 cm:** Textura franco-arenosa, 22,2 % de cascalho, bruno-amarelado-escuro (10 YR 4/4), apresenta material fíbrico misturado com material mineral, temperatura de 2,3 °C.

**30-45 cm:** Textura franco-arenosa, 26,6 % de cascalho com presença de fragmentos angulares de basalto, bruno-escuro (10 YR 4/3), temperatura de 1,8 °C.

**40-55 cm:** Textura franco-arenosa, 33 % de cascalho, bruno-escuro (10 YR 4/3), temperatura de 1,7 °C.

**55-80+ cm:** Textura franco-argilo-arenosa, bruno-escuro (10 YR 4/3), temperatura de 1,7 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 5
- **Observações gerais:** Temperatura do ar no momento da coleta de 4°C e sob o tapete de musgos de 6.7 °C.

**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 6

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-20	39.0712	53	16	15	16	FRANCO-ARENOSA
(20-30)	22.2754	56	19	10	15	FRANCO-ARENOSA
30-45	26.6428	49	16	16	19	FRANCO-ARENOSA
45-55	33.0779	42	18	22	18	FRANCO-ARENOSA
55-80		43	14	20	23	FRANCO-ARGILO-ARENOSA

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 6

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-20	4.97	3.65	337.4	180	276.8	2.45	2.08	3.57	17.8	6.19	9.76	23.99	25.8	36.6	12.33	19.19	17.6	2.44	387.3	5.9	5.55
20-30	4.94	3.58	710	146	146.9	1.66	0.86	3.95	21	3.53	7.48	24.53	14.4	52.8	8.54	23.03	17.5	1.13	449.9	3	6.2
30-45	4.88	3.5	751.5	193	186	2.19	1.08	5.88	29.4	4.57	10.45	33.97	13.5	56.3	7.74	15.35	14.1	1.01	632.6	3.4	6.96
45-55	4.94	3.32	618.3	302	256.7	3.3	1.75	10.51	32.6	6.94	17.45	39.54	17.6	60.2	6.4	4.22	17.6	0.8	821.5	16.4	5.06
55-80	5.04	3.24	364.6	376	276.8	4.23	12.26	16.48	32.9	18.65	35.13	51.55	36.2	46.9	3.43	1.41	19.5	0.85	470.2	8.5	3.05

- **Número do Perfil:** 7
- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Skeletal)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 22/01/09
- **Coordenada UTM:** E 599351,9 / N 3052649,2 zona 20E    **Altitude:** 112,3 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura D. Perfil 7



Figura E. Paisagem do perfil 7

- **Geoforma:** Terço médio de rampa de deposição em topo de afloramento basáltico.
- **Material de origem**– basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** em faixas e polígonos pouco desenvolvidos no terço inferior .
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Vegetação escassa e esparsa com colonização principalmente de *Leptogium puberulum*.

**0-20 cm:** Textura franco-arenosa, 65 % de cascalho, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), estrutura granular, temperatura de 4,2 °C.

**20-30 cm:** Textura franco-arenosa, 69,9 % de cascalho, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), temperatura de 3,8 °C.

**30-70 cm:** Textura franco-arenosa, 82 % de cascalho, bruno-acinzentado (10 YR 5/2) temperatura de 3,3 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 3
  
- **Observações gerais:** Solo localizado entre cones vulcânicos próximo a uma área com fósseis de árvores.

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 7

profundidade	% > 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-20	65.5455	50	12	20	18	FRANCO-ARENOSA
20-30	69.9694	45	26	18	11	FRANCO-ARENOSA
30-70	82.4645	54	5	22	19	FRANCO-ARENOSA

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 7

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmok /dm <sup>3</sup>				cmok /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-20	6.89	4.82	59.7	196	407.1	11.32	20.99	0	2.4	34.58	34.58	36.98	93.5	0	5.12	0.96	30.2	1.4	331.9	75.1	2.84
20-30	7.3	5.25	49.1	192	367	11.33	20.57	0	1.9	33.99	33.99	35.89	94.7	0	4.69	1.28	30.5	1.95	543.8	90.8	3.69
30-70	7.41	5.28	69.4	238	467.2	10.14	19.19	0	1.9	31.97	31.97	33.87	94.4	0	6.35	1.28	37.9	1.44	290.1	99.4	3.79

- **Número do Perfil:** 8
- **Classificação dos solos - WRB:** *Gelistagnic Regosol (Skeletal)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 22/01/09
- **Coordenada UTM:** E 599917,4 / N3052649,9 zona 20E    **Altitude:** 94,9 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura D. Perfil 8



Figura E. Paisagem do perfil 7

- **Geoforma:** Terço superior de rampa de deposição em relevo suave-ondulado.
- **Material de origem**– brecha vulcânica.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** ausente



- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Vegetação principalmente de *Leptogium puberulum*.

### Horizontes:

**0-20 cm:** textura franco-arenosa, 48,9 % de cascalho, bruno-avermelhado (5 YR 4/3), temperatura de 5 °C.

**20-40 cm:** textura franco, 41,2 % de cascalho, bruno-avermelhado (5 YR 4/3), temperatura de 2,3 °C.

**40-60+ cm:** textura franco, 48,2 % de cascalho, bruno-avermelhado (5 YR 4/3), temperatura de 1,8 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 3

**Tabela 3.** Atributos físicos do perfil 8

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-20	48.9308	44	12	28	16	FRANCO-ARENOSA
20-40	41.2093	31	17	36	16	FRANCO
40-60	48.2633	29	13	38	20	FRANCO

**Tabela 3.** Atributos químicos do perfil 8

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmole /dm <sup>3</sup>				cmole /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-20	7.44	5.14	108.5	41	687.7	11.85	20.31	0	1.6	35.25	35.25	36.85	95.7	0	8.48	0.64	41.8	1.18	354.3	101.5	19.7
20-40	7.81	5.59	158.4	30	727.7	7.98	13.43	0	1.6	24.65	24.65	26.25	93.9	0	12.84	0.64	40.2	1.37	389	121.9	34.3
40-60	7.3	5.7	191.6	19	938.2	8.24	13.94	0	0.8	26.31	26.31	27.11	97	0	15.5	0.64	39.6	1.37	326	185.5	35.15

- **Número do Perfil:** 9
- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Skeletal)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 22/01/09
- **Coordenada UTM:** E 601654,4 / N3053505,9 zona 20E      **Altitude:** 38,3 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura R. Perfil 9.



Figura R. Paisagem do perfil 9

- **Geoforma:** Área de relevo plano em segundo nível de terraço marinho soerguido. Presença de micro-relevo de morrotes de 1 m de altura provavelmente resultantes de crioturbação.
- **Material de origem**– Tufo vulcânico.

- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** Presença de micro-relevo de morrotes de 1 m de altura provavelmente resultantes de crioturbação.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige (1987))
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Vegetação principalmente de *Leptogium puberulum* concentrados nas áreas côncavas do micro-relevo.

#### Horizontes:

**0-10 cm:** Textura franco-arenosa, 29,6 % de cascalho, bruno (7.5 YR 4/2), temperatura de 4,8 °C.

**10-40 cm:** Textura franco-argilosa, 39 % de cascalho, bruno (7.5 YR 4/2), temperatura de 3,8 °C.

**40-65+ cm:** Muito pedregoso, não coletado, temperatura de 3,8 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não
- **Amostras coletadas:** 2
- **Observações gerais:** temperatura do ar de 5,5 °C.

**Tabela 2.** Atributos físicos do perfil 9.

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-10	29.645	38	18	28	16	FRANCO-ARENOSA
10-40	39.0105	26	11	35	28	FRANCO-ARGILOSA

**Tabela 2.** Atributos químicos do perfil 9.

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmok /dm <sup>3</sup>				cmok /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-10	7.73	4.63	72.8	101	547.4	23.08	24.39	0	1.9	50.11	50.11	52.01	96.3	0	4.75	0.96	37.8	2.34	421.6	162.1	11.2
10-40	7.72	4.94	183.1	66	477.2	41.91	29.46	0	1.6	73.61	73.61	75.21	97.9	0	2.82	0.64	45.7	0.82	249.5	102.9	9.08

- **Número do Perfil:** 10
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Fluvisol (Arenic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 22/01/09
- **Coordenada UTM:** E 601777,9 / N 3053738,1 zona 20E     **Altitude:** 28,4 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



**Figura R.** Perfil 10



**Figura S.** Paisagem do perfil 10.

- **Geoforma:** Segundo nível de terraço marinho soerguido, relevo plano, aproximadamente 500 m da praia.

- **Material de origem**– Sedimentos marinhos do holoceno misturados com sedimentos oriundos de brechas vulcânicas do interior da península.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** ausente
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987)
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Campo de musgos com predomínio de *Sanionia uncinata*, *Polytrichastrum alpinum* e *Warnstorfia* sp. e líquens do gêneros *Psoroma* sp. e *Leptogium puberulum*.

### Horizontes:

**0-25 cm:** Textura franco-arenosa, 28 % de cascalho, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), temperatura de 6,8 °C.

**25-45 cm:** Textura areia-franca, 38,2 % de cascalho, vermelho-acinzentado (2.5 YR 4/2), temperatura de 5,2 °C.

**40-65+ cm:** Textura areia, 20, 7 % de cascalho, bruno-acinzentado-escuro (2.5 Y 4/2), temperatura de 4,6 °C.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:**
- **Presença de ação antrópica:** não

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-25	28.0185	55	19	12	14	FRANCO-ARENOSA
25-45	38.2717	63	18	9	10	AREIA-FRANCA
45-60	20.7984	71	21	7	1	AREIA

- **Amostras coletadas:** 2
- **Observações gerais:** Temperatura do ar de 1,8 °C e temperatura sob o musgo de 6,7

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-25	6.98	4.61	57.4	104	361.2	9.61	8.87	0.19	2.1	20.32	20.51	22.42	90.6	0.9	7.66	0.26	34.7	1.76	359.7	45.6	7.35
25-45	7.6	5.3	54.8	85	411.2	12.8	10.69	0	1	25.5	25.5	26.5	96.2	0	7.01	0.13	40.5	2.11	311	43.2	8.4
45-60+	7.57	5.19	87.1	85	411.2	9.9	7.07	0	0.5	18.98	18.98	19.48	97.4	0	9.42	0.13	45.9	1.5	310.3	37.1	7.78

°C.

- **Número do Perfil:** 11
- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Skeletal)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br) ;
- **Data:** 22/01/09
- **Coordenada UTM:** E 602478,9 / N 3053184,1 zona 20E **Altitude:** 93,7 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura S. Perfil 11 *Turbic Cryosol (Skeletal)*



Figura T. Paisagem do Perfil 11.

- **Geoforma:** Pequeno platô em topo de afloramento basáltico. Relevo local plano a suave ondulado.
- **Material de origem**– Basalto
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** sorted polygonal patterned ground com diâmetro de 70 cm em media.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987)

- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Vegetação esparsa com predomínio dos líquens *Leptogium puberulum* e *Placopsis antarctica* e da briófito *Sanionia uncinata*.

**Horizontes:**

**0-10 cm:** Textura franca, 34,1 % de cascalho, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), temperatura de 4,7 °C.

**10-35 cm:** Textura franca, 58,5 % de cascalho, bruno (7.5 YR 4/2), temperatura de 4,1 °C.

**35-55 + cm:** Textura franca, 40,2 % de cascalho, bruno (7.5 YR 5/2), temperatura de 2,8 °C.

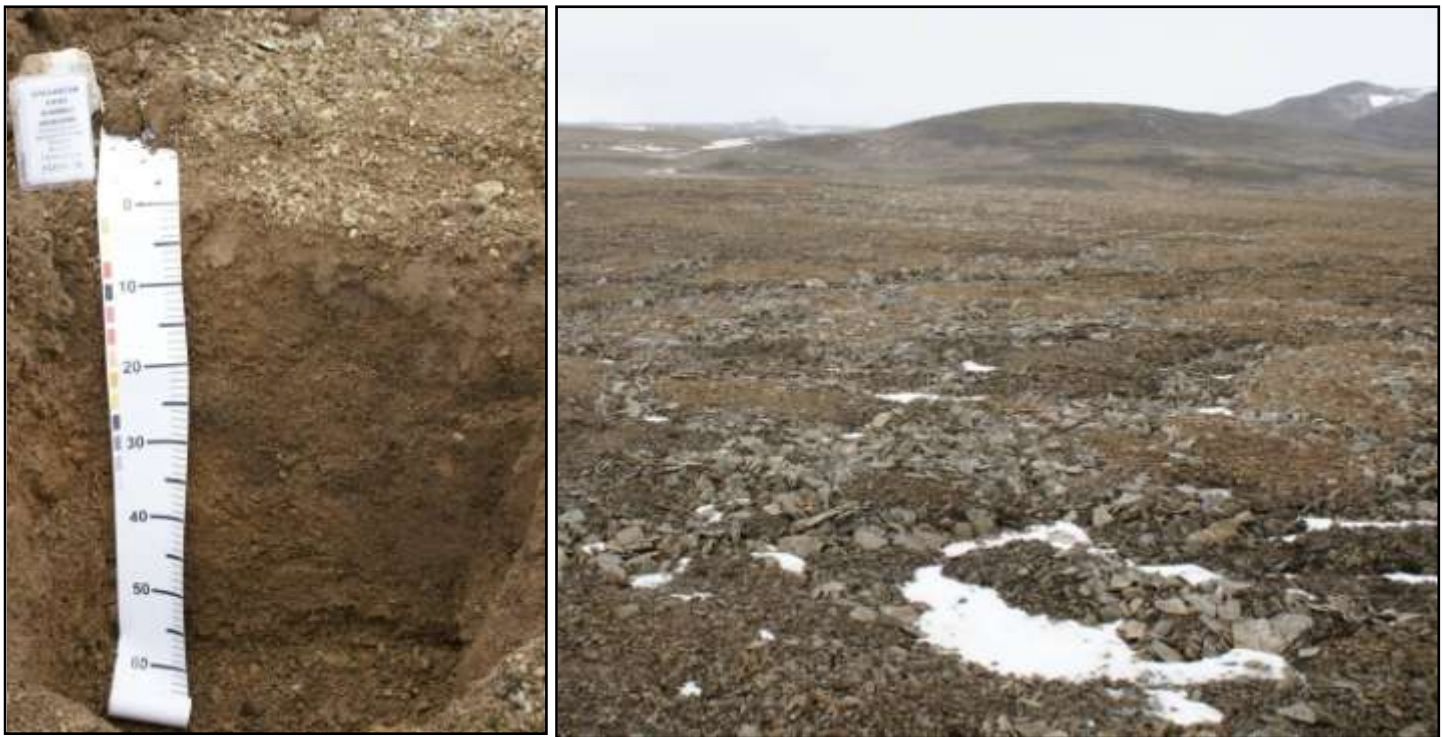
**55-65 + cm:** Pedregoso, 2,7 °C (não coletado).

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3
- **Observações gerais:** Temperatura do ar de 3,7 °C.

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-10	34.1984	34	18	38	10	FRANCO
10-35	58.5569	30	12	46	12	FRANCO
35-55	40.2797	34	16	38	12	FRANCO

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmok /dm <sup>3</sup>				cmok /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-10	7.51	5.05	137.1	15	371.2	9.79	6.7	0	0.6	18.14	18.14	18.74	96.8	0	8.9	0.38	40.3	2.38	802.4	103.7	7.24
10-35	7.82	5.19	151.8	25	361.2	10.09	7.68	0	0.6	19.4	19.4	20	97	0	8.1	0.38	42	2.62	757.5	111.2	7.51
35-55	7.74	5.36	105.9	94	621.4	9.94	6.09	0	0.5	18.97	18.97	19.47	97.4	0	14.24	0.38	38.8	2.14	1355	148.7	7.6

- **Número do Perfil:** 12
- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Siltic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email-[marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 23/01/09
- **Coordenada UTM:** E 597748,4 / N3054503,2 zona 20E      **Altitude:** 96,7 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Geoforma:** *Felsenmeer*, relevo plano.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** *sorted polygonal patterned ground* com diâmetro de 70 cm em média.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige, 1987)
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado



○ **Vegetação/ organismos:** Vegetação muito rara e esparsa com predomínio dos líquens *Leptogium puberulum* e *Placopsis antarctica*

**Horizontes:**

**0-10 cm:** Textura franca, 29,9 % de cascalho, cinzento-brunado-claro (2.5 Y 6/2), temperatura de 6,8 °C.

**10-35 cm:** Textura franca, 35,9 % de cascalho, bruno-amarelado-claro (2.5 Y 6/3), temperatura de 4,1 °C.

**35-50 cm:** Textura franca, 47 % de cascalho, amarelo-claro-acinzentado (2.5 Y 7/4), temperatura de 2,8 °C.

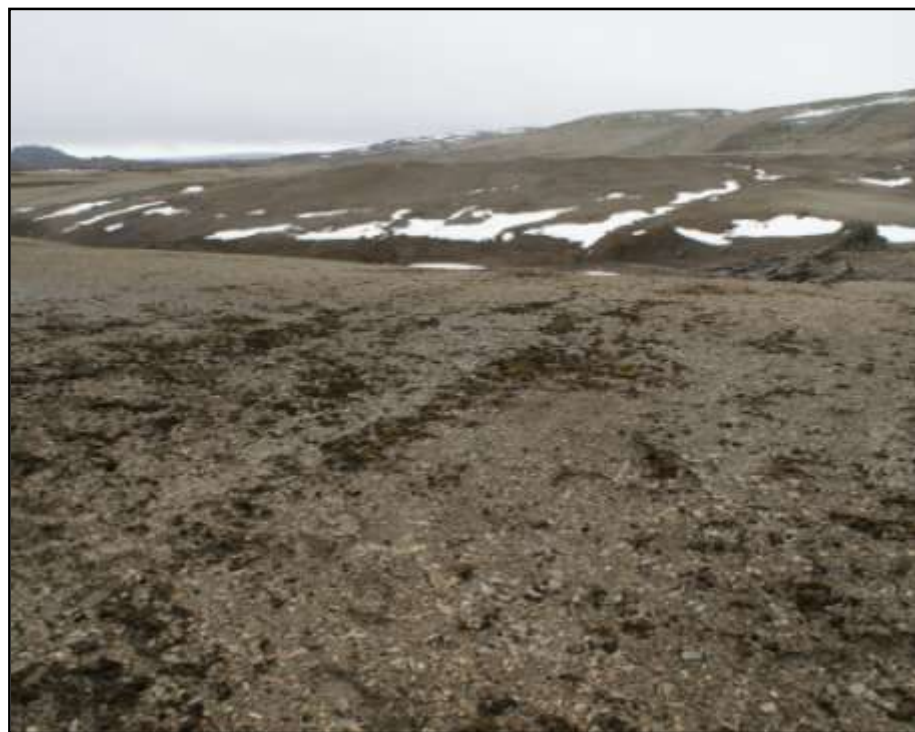
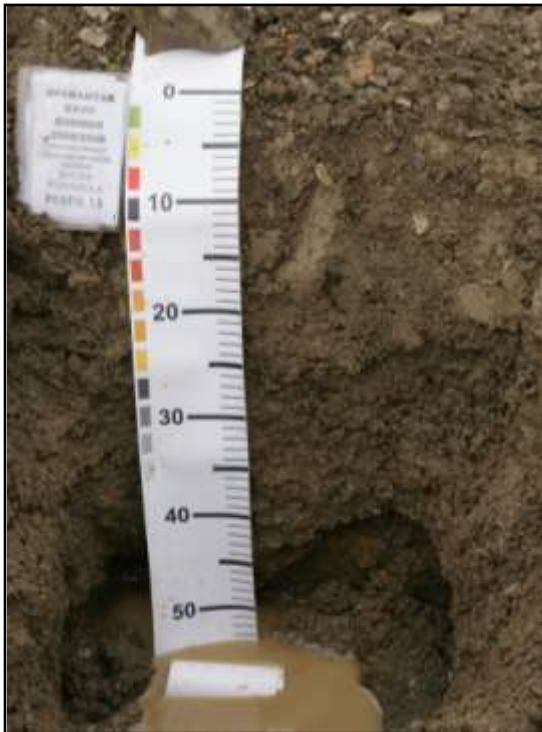
**50-60 + cm:** Textura franca, 72 % de cascalho, oliva-claro-acinzentado (5 Y 6/3)

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3
- **Observações gerais:** Temperatura do ar de 3,7 °C.

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-15	29.9352	31	12	39	18	FRANCO
15-35	35.9221	39	11	32	18	FRANCO
35-50	47.0395	28	9	41	22	FRANCO
50-60	72.7107	37	8	29	26	FRANCO

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.68	5.65	40.7	114	301.2	18.8	6.45	0	1	26.85	26.85	27.85	96.4	0	4.88	0.77	28.6	5.49	753	75.6	4.52
15-35	7.81	6.09	28.1	94	291.2	19.6	6.04	0	0.6	27.15	27.15	27.75	97.8	0	4.66	1.15	25.3	5.96	743.1	68.7	5.65
35-50	7.83	5.88	43.4	94	411.2	23.42	7.66	0	0.3	33.1	33.1	33.4	99.1	0	5.4	0.9	29.8	6.19	565.8	73.4	4.01
50-60	7.65	5.6	64.1	94	341.2	23.57	6.38	0	0.5	31.67	31.67	32.17	98.4	0	4.68	0.64	34.4	4.91	499.8	123.8	3.03

- **Número do Perfil:** 13
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Cryosol (Oxyaquic, Endoclayc)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email-[marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 23/01/09
- **Coordenada UTM:** E 598083,131 / N 3054503,245 zona 20 E      **Altitude:** 96,679 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Geoforma:** Terço médio de rampa de deposição, declividade suave.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987)
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado

- **Vegetação/ organismos:** Vegetação esparsa com predomínio dos líquens *Leptogium puberulum* e briófitas como *Sanionia uncinata*.

Horizontes:

**0-25 cm:** Textura franco-argilo-siltosa, 23% de cascalho, bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2).

**25-40 cm:** Textura franco-argilosa, bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2).

**40-55 cm:** Textura argilosa, cinzento-oliváceo (5 Y 5/2), encharcado e com mosqueados.

- Estágio de intemperismo:
- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-25	23.7543	9	9	42	40	FRANCO-ARGILO-SILTOSA
25-40		13	7	41	39	FRANCO-ARGILOS
40-55		16	4	39	41	ARGILA

- **Amostras coletadas:** 3

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmok /dm <sup>3</sup>				cmok /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-25	7.32	5.31	198.2	134	241.1	19.64	8.9	0	1.6	29.93	29.93	31.53	94.9	0	3.5	1.02	31.3	7.8	559.7	155.6	2.41
25-45	7.64	5.75	305.8	134	211.1	27.24	8.13	0	0.6	36.63	36.63	37.23	98.4	0	2.51	1.15	34.9	10.11	404.2	273.1	2.5
40-55	7.78	5.96	260.4	114	171.1	27.16	7.28	0	0.3	35.47	35.47	35.77	99.2	0	2.1	1.15	34.4	8.77	375.8	219.3	2.13

- **Observações gerais:** Argila de atividade alta evidenciada pela pegajosidade do material.

- **Número do Perfil:** 14
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Leptosol (Gelic, Endoskeletal)*.
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email-[marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 23/01/09
- **Coordenada UTM:** E 598660,321 / N 3055748,125 zona 20E **Altitude:** 21,657 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Geoforma:** Segundo nível de terraço marinho soerguido, declividade suave.
- **Material de origem**– Sedimentos marinhos do holoceno misturados com argilitos marinhos, arenitos e conglomerados originados e transportados do interior da península.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige, 1987)
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado
- **Vegetação/ organismos:** Comunidade mista de *Deschampsia antarctica* com *Colobanthus quitensis* e briófitas, tendo líquens presentes nas bordas da comunidade.

Horizontes:

**0-30 cm:** Textura franco-arenosa, 11 % de cascalhos, cinzento-oliváceo (5 Y 5/2).

**30-50 + cm:** Textura franco-argilosa, 63,8 % de cascalhos, amarelo-claro-acinzentado (5 Y 7/3).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 2
- **Observações gerais:**

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-30	11.3578	61	16	11	12	FRANCO-ARENOSA
30-50	63.8369	12	10	40	38	FRANCO-ARGILOSOSA

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-30	5.65	3.95	114.8	94	341.2	2.07	2.03	3.28	8.9	5.82	9.1	14.72	39.5	36	16.3	2.88	24.7	1.3	508.3	24.4	2.36
30-50	5.33	3.82	194.3	85	81.2	2.58	4.2	10.31	13.7	7.35	17.66	21.05	34.9	58.4	2	0.38	14.7	0.45	354.6	5.6	1.45

- **Número do Perfil:** 15

- **Classificação dos solos - WRB:** *Turbic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic)*.
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 25/01/09
- **Coordenada UTM:** E 599810,338 / N 3053747,34 zona 20 E **Altitude:** 88,826 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



Figura F. Perfil 15



Figura G. Paisagem do perfil 15

- **Landform – including aspect and slope:** Terço superior de rampa de deposição, declive suave.
- **Material de origem**– Brecha vulcânica.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** *Patterned ground* pouco desenvolvidos.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** Vegetação rala e esparsa com tufo isolados de *Leptogium puberulum*.

**0-15 cm:** Textura franco-arenosa, 12,9 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), temperatura de 3,4 °C.

**15-45 cm:** Textura franco-arenosa, 72,5 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2), temperatura de 3,2 °C

**45-80 + cm:** Textura Franca, 42 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2) temperatura de 2,4 °C.

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3
- **Observações gerais:** Temperatura do ar de 4 °C. O perfil foi cavado com angulação de 45 ° para que não desmoronasse.

profundidade	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
	dag/kg					
0-15	12.9228	40	15	27	18	FRANCO-ARENOSA
15-45	72.5496	44	17	24	15	FRANCO-ARENOSA
45-80	42.6639	24	14	36	26	FRANCO

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P- Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.07	4.72	187.6	65	321.2	8.37	6.61	0	1.9	16.55	16.55	18.45	89.7	0	8.44	0.64	35.7	2.47	415.2	35.3	4.3
15-45	7.39	5.24	231.7	65	331.2	10.12	7.87	0	1.6	19.6	19.6	21.2	92.5	0	7.35	1.02	32.2	2.6	408.5	52	5.45
45-80+	7.61	5.1	291.4	45	531.3	11.74	11.6	0	1.1	25.77	25.77	26.87	95.9	0	8.96	0.38	36.2	2.33	365.5	46.1	5.02



- **Número do Perfil:** 16
- **Classificação dos solos - WRB:** *Leptic Regosol (Gelic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 25/01/09
- **Coordenada UTM:** E 601836,338 / N 3052541,161 zona 20 E **Altitude:** 88,15 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** terço superior de rampa de deposição na borda de uma ravina de um canal de água de degelo.
- **Material de origem**– tufo vulcânico misturado com basalto.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observada.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.

○ **Vegetação/ organismos:** Vegetação rala e esparsa com predomínio do líquem *Leptogium puberulum* e das briófitas *Sanionia uncinata* e *Politricum alpinum* concentradas nas áreas mais úmidas.

**0-20 cm:** Textura franco-argilo-arenosa, 31,6 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2).

**20-40 cm:** Textura franco-argilo-arenosa, 69,5 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2).

**40-60 + cm:** Textura franco-argilo-arenosa, 70,9 % de cascalhos, bruno-acinzentado-muito-escuro (10 YR 3/2).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observada.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-20	31.618	43	10	24	23	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
(20-40)	69.5307	44	12	20	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA
40-60	70.9598	46	10	18	26	FRANCO-ARGILO-ARENOSA

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-20	7.13	4.79	33.5	94	331.2	40.97	24.7	0	1.9	67.35	67.35	69.25	97.3	0	2.14	0.38	35.9	1.36	351.9	38.8	4.72
20-40	7.22	4.98	44.3	65	291.2	42.63	21.99	0	1.3	66.06	66.06	67.36	98.1	0	1.92	0.26	40.8	1.05	282.2	51.4	4.46
40-60+	7.37	5.07	54.8	35	351.2	45.61	21.97	0	1	69.2	69.2	70.2	98.6	0	2.21	0.26	44	1.14	232.8	64.6	4.57

- **Número do Perfil:** 17
- **Classificação dos solos - WRB:** *Hypskeletic Leptosol (Gelic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);



- **Data:** 25/01/09
- **Coordenada UTM:** E 603563,022 / N 3052964,304 zona 20 E **Altitude:** 44,212 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**

- **Landform – including aspect and slope:** terço superior de rampa de deposição.
- **Material de origem**– tufo vulcânico misturado com brecha vulcânica.

- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observada.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** As espécies de líquens mais abundantes são *Ochrolechia frigida*, *Leptogium puberulum*. e *Usnea aurantiaco- Ata*. Para os musgos predominam uma espécie do gênero *Sanionia* e uma espécie da família *Politrichaceae*.

**Horizontes:**

**0-12 cm:** Textura franco-arenosa, 26 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2).

**12-25 cm:** muito pedregoso, não coletado.

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-12	26.1028	38	15	35	12	FRANCO-ARENOSA

- **Profundidade do permafrost:** não observada.

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>				
0-12	6.38	4.21	30	35	241.1	9.43	7.59	0.67	3.5	18.16	18.83	21.66	83.8	3.6	5.57	0.77	33.7	1.89	309.2	32.9	4.25	

- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 1

- **Número do Perfil:** 18
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Cryosol (Oxyaquic, Skeletic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 25/01/09
- **Coordenada UTM:** E 603568,658 / N 3053031,169 zona 20 E **Altitude:** 39,229 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** terço inferior de rampa de deposição, fundo de vale com acúmulo de água de degelo, relevo plano.
- **Material de origem**– tufo vulcânico misturado com brecha vulcânica.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** unsorted polygogal patterned ground.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** As espécies de líquens mais abundantes são *Leptogium sp*, *Ochrolechia frigida* e *Usnea sp.*. Dentre os musgos presentes predominam a *Sanionia uncinata*. e *Politrichum sp*. Foram observados indivíduos de *Deschampsia antarctica* esparsos na comunidade.

**0-15 cm:** Textura franco-arenosa, 72 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2).

**15-35 cm:** Textura franco-arenosa, 76 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 4/2).

**35-50 + cm:** Textura franco-arenosa, 66 % de cascalhos, bruno-acinzentado-escuro (10 YR 5/2).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-15	72.1048	53	12	18	17	FRANCO-ARENOSA
15-35	76.0445	63	8	13	16	FRANCO-ARENOSA
35-50	76.0696	66	5	10	19	FRANCO-ARENOSA

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.13	4.65	42	35	261.1	23.15	14.06	0	1.4	38.44	38.44	39.84	96.5	0	2.95	0.26	44.4	1.54	418.5	79.3	7.99
15-35	7.1	4.79	41.8	55	231.1	20.06	14.38	0	1.1	35.57	35.57	36.67	97	0	2.82	0.26	46.2	1.59	384.3	84.8	6.59
35-50	7.37	4.94	37	55	241.1	20.8	14.8	0	1	36.79	36.79	37.79	97.4	0	2.85	0.38	41.1	1.44	353	79.8	6.25

- **Número do Perfil:** 19
- **Classificação dos solos - WRB:** *Stagnic Leptosol (Skeletal, Gelic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 26/01/09
- **Coordenada UTM:** E 596626,522 / N 3056507,204 zona 20 E **Altitude:** 118,204 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** Platô de relevo plano próximo a tálus de crista basáltica.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos mistos com basalto..
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.

- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:**
- **Observações gerais:** Solo predominante na porção sul do promotório Ray, próximo as cristas basálticas.

#### Horizontes

0-20 cm: Textura franco-argilosa, 40, 9 % de cascalho, bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 1

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-20	40.9072	20	3	37	40	FRANCO-ARGILOSA

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>+3</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-20	7.35	5.66	151.2	85	170.2	15.02	8.29	0	0.8	24.27	24.27	25.07	96.8	0	3.05	1.41	41.7	12.25	259.3	209.2	3.07



- **Número do Perfil:** 20
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Leptosol (Skeletal, Gelic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 26/01/09
- **Coordenada UTM:** E 596383,226 / N3057813,321 zona 20 E **Altitude:** 69,551 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** Terço médio de rampa de deposição com declividade de aproximadamente 25<sup>0</sup>.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos mistos com basalto e arenitos.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.

- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** As espécies vegetais são escassas, estretanto as espécies de líquens mais abundantes são *Leptogium puberulum*, *Ocrolechia frigida* e espécies de líquens crustosos.

**Horizontes:**

**0-15 cm:** Textura franco-argilosa, 52,7% de cascalhos, cinzento-oliváceo (5 Y 4/2).

**15-30 cm:** Textura franco-argilosa, 56,8% de cascalhos, cinzento-escuro (5 Y 4/1).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-15	52.7416	26	6	30	38	FRANCO-ARGILOSIA
15-35	56.8063	26	9	28	37	FRANCO-ARGILOSIA

- **Amostras coletadas:** 2

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.4	5.56	131.8	124	171.1	14.95	8.64	0	1.1	24.65	24.65	25.75	95.7	0	3.02	1.28	32	18.49	196.5	130	5.03
15-30	7.55	5.72	232.7	164	171.1	14.92	8.24	0	1	24.32	24.32	25.32	96.1	0	3.06	1.41	28.7	26.2	269	258.1	5.83

- **Observações gerais:** Próximo a crista basáltica com comunidade de *Usnea aurantiaco-ata*.

- **Número do Perfil:** 21
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Regosol (Ornithic, Skeletic)*
- **Descrito e coletado por** – Dr. Márcio Rocha Francelino, Professor Adjunto UFRRJ; Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça. Email- [marciorocha@gmail.com](mailto:marciorocha@gmail.com); [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 26/01/09
- **Coordenada UTM:** E 596474,14 / N 3057886,313 zona 20 E **Altitude:** 26,629 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** Segundo nível de terrace marinho soerguido
- **Material de origem**– Argilitos marinhos mistos com basalto e arenitos.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).

- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** Comunidade predominantemente ocupada por *Sanionia uncinata* em associação com outras espécies de briófitas e líquens e ocasionalmente *Daschampsia Antarctica* e *Colobanthus quitensis* formando um carpete extenso.

**0-10 cm:** Textura franco-arenosa, 19 % de cascalhos, cinzento (2.5 Y 5/1)

**10-25 cm:** Textura franco-argilo-arenosa, 25,7 % de cascalhos, cinzento-oliváceo-claro (5 Y 6/2).

**25-45 + cm:** Textura franco-argilo-arenosa, 73,3 % de cascalhos, cinzento-escuro (10 YR 4/1).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3
- **Observações gerais:** Face norte do promotório. Terraço próximo a tálus de crista basáltica.

Horiz	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmole /dm <sup>3</sup>				cmole /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-10	6.39	4.67	440.6	55	161.1	4.05	2.19	0.1	8.1	7.08	7.18	15.18	46.6	1.4	9.76	2.05	19	5.29	687.3	20.4	10.39
10-25	5.52	3.99	403	65	148.2	2.64	2.52	2.8	14.3	5.97	8.77	20.27	29.5	31.9	7.35	2.05	7.9	3.92	1402.1	19.3	10.89
25-45	5.02	3.53	683.6	15	281.2	1.52	1.15	5.2	12.7	3.93	9.13	16.63	23.6	57	13.39	1.28	38.3	1.17	609.9	21.9	2.67
	<b>%&gt; 2mm</b>		<b>areia grossa</b>		<b>areia fina</b>		<b>silte</b>	<b>argila</b>		<b>classe textural</b>											
<b>profundidade</b>							<b>dag/kg</b>														
0-10	19.0126		38		23		24	15	FRANCO-ARENOSA												
(10-25)	25.7252		42		11		23	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA												
25-45	73.3534		61		4		11	24	FRANCO-ARGILO-ARENOSA												

- **Número do Perfil:** 22
- **Classificação dos solos - WRB:** *Haplic Leptosol (Gelic)*
- **Descrito e coletado por** – Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça.  
Email- [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 27/01/09
- **Coordenada UTM:** E 597504,72 / N 3053357,357 zona 20 E **Altitude:** 92,843 m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** Terço superior de rampa d deposição.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos mistos com basalto e arenitos.
- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).

- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
  - **Vegetação/ organismos:** *Leptogium puberulum* e *Placopsis cf. antarctica*, *Psoroma sp.*
- Usnea* sp. coloniza as áreas mais estáveis como os blocos rochosos maiores.

**0-15 cm:** Textura franco arenosa, cinzento (2.5 Y 5/1).

**15-45 cm:** textura franca, 29 % de cascalho, cinzento-oliváceo-claro (5 Y 6/2).

**45-65 + cm:** textura franco-argilosa, cinzento-escuro (10 YR 4/1).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-15		38	19	25	18	FRANCO-ARENOSA
15-65	29.0003	26	22	35	17	FRANCO
45-60		23	7	35	35	FRANCO-ARGILOSOSA

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.13	5.01	40.8	184	291.2	10.45	10.23	0	2.4	22.42	22.42	24.82	90.3	0	5.65	1.02	23.6	5.99	451.1	59.6	3.5
15-35	7.72	5.78	62	203	291.2	13.61	10.43	0	1.6	25.83	25.83	27.43	94.2	0	4.9	1.54	26.6	9.14	513.3	51.1	7.49
35-60+	7.76	5.31	289.3	174	261.1	15.49	9.71	0	0.8	26.79	26.79	27.59	97.1	0	4.24	1.02	44.1	8.75	459.6	114.1	4.15

- **Número do Perfil:** 23
- **Classificação dos solos - WRB:** *Gelistagnic Regosol (Siltic, Skeletic)*
- **Descrito e coletado por** – Pedro Adnet Moura e Bruno Araújo Furtado de Mendonça.  
Email- [pedroadnet@yahoo.com.br](mailto:pedroadnet@yahoo.com.br);
- **Data:** 27/01/09
- **Coordenada UTM:** E 597154,311 / N 3054699,095 zona 20 E **Altitude:** 56,544m
- **Fotos do sítio, do perfil e da superfície do solo:**



- **Landform – including aspect and slope:** Fundo de vale, relevo plano, área de sedimentação, terreno encharcado.
- **Material de origem**– Argilitos marinhos mistos com arenitos e conglomerados.

- **Solos com padrões/ descrição da crioturbação:** não observado.
- **Regime climático:** subxerous (Campebel e Claridrige,1987).
- **Tempo no momento da amostragem:** Nublado.
- **Vegetação/ organismos:** *Sanionia uncinata* em carpetes descontínuos nas áreas mais encharcadas. Também foram observados tufo isolados de *Leptogium puberulum*.

### Horizontes:

**0-15 cm:** textura franco-argilosa, bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2).

**15-40 cm:** textura franco-argilosa, 79,7 % de cascalhos, cinzento-oliváceo (5 Y 5/2).

**40-60 + cm:** textura franco-argilosa, 61,9 % de cascalhos, bruno-acinzentado (2.5 Y 5/2).

- Estágio de salinidade e tipo de sal:
- **Presença/ ausência de camada congelada:** não observado.
- **Profundidade do permafrost:** não observado.
- **Presença de ação antrópica:** não.
- **Amostras coletadas:** 3

	%> 2mm	areia grossa	areia fina	silte	argila	classe textural
profundidade	dag/kg					
0-15		20	12	37	31	FRANCO-ARGILOSIA
40-60	79.7299	23	7	35	35	FRANCO-ARGILOSIA
(15-40)	61.9469	15	9	42	34	FRANCO-ARGILOSIA

Horiz.	pH	pH	P	K	Na	Ca <sup>+2</sup>	Mg <sup>+2</sup>	Al <sup>3+</sup>	H+Al	SB	CTC (t)	CTC (T)	V	m	IsNa	MO	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu
	H <sub>2</sub> O	KCl	mg/dm <sup>3</sup>			cmolc /dm <sup>3</sup>				cmolc /dm <sup>3</sup>			%					mg/dm <sup>3</sup>			
0-15	7.3	5.15	62.9	94	186.2	27.24	18.51	0	1.6	46.8	46.8	48.4	96.7	0	1.73	1.15	33.2	4.98	276.6	81.2	2.95
15-40	7.54	5.51	77.6	104	158.2	26.62	12.33	0	1.3	39.91	39.91	41.21	96.8	0	1.72	1.28	34.5	5.25	181.3	62	2.43
40-60+	7.73	5.8	130.9	94	169.2	26.04	9.6	0	1.1	36.62	36.62	37.72	97.1	0	2.01	1.15	31.1	7	203.8	179.3	2.42