

DAVÍ DO VALE LOPES

**SOLOS E AMBIENTES SULFATADOS DA PENÍNSULA BARTON,
ANTÁRTICA MARÍTIMA**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2015

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

T

L864s
2015
Lopes, Daví do Vale, 1987-
Solos e ambientes sulfatados da Península Barton,
Antártica Marítima / Daví do Vale Lopes. - Viçosa, MG, 2015.
x, 108f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexos.

Orientador : Carlos Ernesto Gonçalves R. Schaefer.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Mineralogia do solo - Antártica Marítima. 2. Química
da água. 3. Hidrogeologia, Geoquímica. 4. Sulfetos.
5. Drenagem ácida. 6. . I. Universidade Federal de Viçosa.
Departamento de Solos. Programa de Pós-graduação em
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

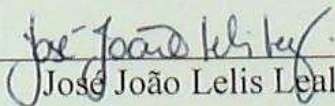
CDD 22. ed. 631.409989

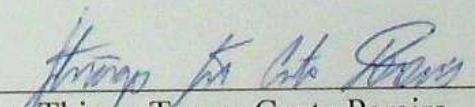
DAVÍ DO VALE LOPES


**SOLOS E AMBIENTES SULFATADOS DA PENÍNSULA BARTON,
ANTÁRTICA MARÍTIMA**

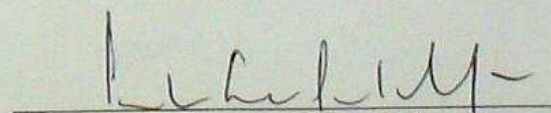
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 12 de Março de 2015.


José João Lelis Leal de Souza


Thiago Torres Costa Pereira


Márcio Rocha Francelino


Carlos Ernesto G. R. Schaefer
(Orientador)

Aos meus pais, irmãos e demais familiares.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus.

A Força Aérea Brasileira e Marinha do Brasil pela logística de acesso a Antártica.

Aos colegas pesquisadores da estação sul coreana King Sejong.

Aos companheiros João Lani e Davi Gjourup, que tanto ajudaram a execução das coletas e no convívio no campo.

Ao Departamento de Geografia pela minha formação acadêmica na graduação e ao Departamento de Solos, pela estrutura e aos professores pela na minha formação na pós-graduação.

Ao JJ, pela amizade e ajuda desde os meus tempos de estagiário até o mestrado.

Ao Co-orientador Felipe Simas, pelo apoio e ao Orientador Carlos Schaefer, pela oportunidade do trabalho e confiança.

Ao meu pai, José Madalena Lopes pela minha formação como homem que sou hoje.

A minha mãe, Maria Aparecida do Vale, pelo apoio incondicional.

Aos meus irmãos, Dirley e Darlei, pelo apoio ao longo de toda minha vida e as minhas sobrinhas Isabela e Júlia pelas alegrias propiciadas.

Aos demais familiares pelo apoio, em especial meu Tio Chico, avó Terezinha, Tia Sandra e primos Greicy e Nicolas por serem pessoas especiais para mim.

Às amigas da “galera do futebol”, especialmente no Furacão BJ. Obrigado a todos os companheiros pelos momentos de alegrias.

Aos amigos” patrões” e “patroas” que desde a época da Geografia me proporcionaram momentos de muita alegria: Edilberto, Frank, Vandr , Beto, Daniel, Israel, Eliana, Darlene e Leili.

Às amigas da pós-graduação, especialmente Andreia, “Marcião de Bonfim”, Vado e Adriano, que sempre me ajudaram e são pessoas que considero.

Aos amigos do Laboratório de Geoquímica, em especial ao Pablo, Mayara, Elias, João, Karol e Geraldo Rob sio, pelas discussões sempre tão proveitosas e brincadeiras.

A Claudinha, Luciana e demais funcionários do Departamento de Solos pelo auxílio quando necessário.

Aos amigos da “Novo Horizonte” e demais localidades de Viçosa (são tantos que prefiro não citar nomes para não cometer o erro de esquecer alguém).

BIOGRAFIA

DAVÍ DO VALE LOPES, filho de José Madalena Lopes e Maria Aparecida do Vale nasceu em 18 de Setembro de 1987, no Município de Viçosa – MG.

Formado no Ensino Fundamental e Médio na Escola Estadual Santa Rita de Cássia, Viçosa-MG. Teve 12 anos de sua vida na escola básica exclusivo nesta escola, a qual possui laços efetivos fortes.

No ano de 2008 matriculou-se no curso de graduação em Geografia na Universidade Federal de Viçosa (UFV), tornando-se Licenciado e Bacharel em Geografia em Março de 2013.

Em Março de 2013, iniciou a modalidade de Mestrado no Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa. No mês de Fevereiro de 2014, participou da XXXII Operação Antártica Brasileira na condição de pesquisador, realizando atividades referentes à sua dissertação.

SUMÁRIO

RESUMO	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1 – DRENAGEM ÁCIDA E HIDROGEOQUÍMICA DA PENÍNSULA BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA.....	5
CAPÍTULO 2 – GÊNESE E MINERALOGIA DE SOLOS SULFATADOS DA PENÍNSULA BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA	27
ANEXOS	64

RESUMO

LOPES, Daví do Vale, M.S., Universidade Federal de Viçosa, Março de 2015. **Solos e ambientes sulfatados da Península Barton, Antártica Marítima.** Orientador: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.

A Antártica Marítima é caracterizada por temperaturas negativas durante o inverno austral, chegando a ser positivas durante o verão. Uma das principais características da região é a baixa disponibilidade de água líquida e restrita cobertura vegetal. Consequentemente, os solos são rasos, com baixo teor de argila, esqueléticos e com mineralogia silicática. Os solos ornitogênicos e solos sulfatados fogem a essa regra, estes últimos ainda pouco estudados. A Península Barton (62°14'S 58°46'W) possui área aproximada de 12 km², localizada na Ilha Rei George. Sua geologia apresenta basalto/andesito, diorito, granodiorito e lapilli-tuff. Destaca-se as áreas com afloramento de andesitos piritizados, as quais apresentam potencial de oxidação de sulfetos e maior potencial de intemperismo químico, em comparação as áreas não piritizadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar a hidrogeoquímica da Península Barton e estudar a mineralogia e gênese dos solos sulfatados. Analisou-se águas de lagos e canais de degelo em distintas formações geológicas para avaliar a contribuição das rochas e solos na hidrogeoquímica local. Coletou-se 58 amostras de água em pontos georreferenciados. Analisou-se 14 elementos por ICP-OES em formas químicas naturais e acidificadas com HNO₃. Ânions foram analisados em cromatógrafo. Solos sulfatados de duas toposequências foram descritos e analisados por seus atributos morfológicos, físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos. Os solos foram classificados de acordo com a Soil Taxonomy e WRB/FAO. Os dados permitiram que se fizesse uma regionalização da península em 8 grupos de acordo com as características hidrogeoquímicas. Atributos como pH sofreram forte variação. Não foi registrada influência de carbonatos no tamponamento da drenagem. Identificou-se processo natural de drenagem ácida na Península Barton. Estas áreas exigem cuidados especiais, devido à acidez e mobilidade de íons metálicos. Identificou-se que solos influenciados pela oxidação de sulfeto possuem maiores teores de partículas finas. Registrou-se solos extremamente ácidos e com desenvolvimento pedogenético considerável se tratando das condições antárticas. A mineralogia destes solos apresenta ocorrência

generalizada de óxidos de ferro (destaca-se goethita) e sulfatos (jarosita).
Identificou-se solos com horizontes concrecionários até então desconhecidos na
Antártica Marítima.

ABSTRACT

LOPES, Daví do Vale, M.S., Universidade Federal de Viçosa, March 2015. **Soils and environments sulfated in Barton Peninsula, Maritime Antarctica.** Advisor: Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer.

The Maritime Antarctica is characterized by negative temperature during the austral winter, becoming positive during the summer. A key feature of the region is the low availability of liquid water and limited vegetation. Consequently, soils are shallow, with low clay content, skeletal and silicates mineralogy. The ornithogenic soils and sulfate soils flee to this rule, the latter still little studied. The Barton Peninsula (62°14'S 58°46'W) has an area of approximately 12 km², is located in the King George Island. Its geology features basalt / andesite, diorite, granodiorite and lapilli tuff. It stands out the areas with outcropping andesite with pyrite, which have sulphide oxidation potential and greater potential for chemical weathering, compared non pyrite areas. The objective of this study was to evaluate the hydrogeochemical the Barton Peninsula and study the mineralogy and genesis of sulfate soils. Analyzed waters of lakes and melt channels in different geological formations to assess the contribution of rocks and soils in hydrogeochemical site. Collected 58 samples of water in georeferenced points. Analyzed 14 by ICP-OES elements in natural chemical forms and acidified with HNO₃. Anions were analyzed in chromatograph. Soil sulfated two toposequences were described and analyzed for their morphological attributes, physical, chemical, mineralogical and micromorphological. The soils were classified according to Soil Taxonomy and WRB / FAO. The data allowed to be done a peninsula of regionalization in 8 groups according to the hydrogeochemical characteristics. Attributes such as pH experienced strong variation. It was not recorded influence of carbonates in plugging the drain. It was identified natural process of acid drainage in Barton Peninsula. These areas require special care because of the acidity and mobility of metal ions. It was found that soils influenced by sulphide oxidation have higher levels of fine particles. Recorded extremely acid soils with considerable development pedogenetic, considering Antarctic conditions. The mineralogy of these soils has widespread occurrence of iron oxides (goethite stands out) and

sulphate (jarosite). It was identified with concretionary soil horizons hitherto unknown in the Maritime Antarctica.

INTRODUÇÃO GERAL

Estudos com solos da Antártica desenvolvidos sobre situações extremas possuem interesses outros que não razões econômicas ou de uso da terra. A relevância destas pesquisas se dá em função do conhecimento referente à gênese, fatores e processos em condições únicas. Estas informações podem auxiliar em uma visão diferente do clima, material de origem, tempo e processos biológicos relacionados (Campbell e Claridge, 1987).

Tatur (1989) aborda que a Antártica Marítima forma uma zona climática, a qual rodeia o continente incluindo arquipélagos e parte da Península Antártica. As diferenças climáticas entre a Antártica continental e marítima faz com que se tenham solos mais desenvolvidos na porção marítima, em razão da maior disponibilidade de água líquida e temperaturas mais elevadas em comparação com a parte continental. A água líquida favorece a ocorrência de transformação química dos minerais, ou seja, o intemperismo e a lixiviação são mais atuantes.

Significativas propriedades de campo indicam desenvolvimento dos solos da Antártica incluindo características como cor, grau de alteração por oxidação, desenvolvimento de horizontes de acumulação de sal, profundidade do permafrost, tamanho de partículas, entre outros (Campbell e Claridge, 1987).

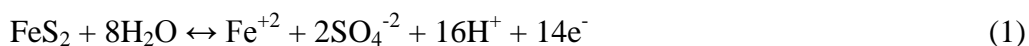
Como o intemperismo químico é limitado pelo clima, o material de origem ganha destaque na pedogênese da Antártica. Simas et al. (2008) identificaram solos profundos e relativamente elevados teores de partículas finas na Ilha Rei George em áreas onde ocorrem processos de oxidação de sulfetos, provocando mudanças significativas na dinâmica geoquímica local. Nas áreas afetadas por sulfetos formam-se os solos ácidos sulfatados.

Tanto os solos, quanto a qualidade das águas de drenagem podem ser influenciada pela presença de sulfetos, os quais expostos às condições atmosféricas podem ser oxidados gerando acidez. A quantidade potencial de geração de acidez depende da quantidade total, dos tipos de sulfetos, do tamanho, temperatura e etc. A desestabilização de minerais silicatados, por exemplo, os minerais primários facilmente intemperizáveis, como os ferro-magnesianos, podem contribuir para neutralização da acidez. Outras importantes fontes consumidoras de acidez são sais e carbonatos, estes últimos possuem maior poder de neutralização da acidez (Bigham e Nordstrom, 2000).

Sobre a dinâmica das áreas de oxidação de sulfeto, Dent (1986) destaca que o ácido sulfúrico gerado acarreta na maior mobilidade do alumínio e metais pesados, embora este autor não tenha trabalhado com solos da Antártica este processo também é válido para a realidade da região periglacial em questão. O pH destes solos podem ser inferiores a 4, sendo comum ocorrer deficiência de nutrientes associados, principalmente de fósforo (Dent, 1986).

Com relação ao processo de oxidação, Krauskopf (1979) aborda que na geoquímica sedimentar o enxofre é o terceiro elemento mais envolvido nas reações de oxi-redução. Os estados de oxidação mais comuns são -2 (sulfetos), 0 (elemento nativo) e +6 (sulfatos). A pirita (FeS_2) é tida como o principal sulfeto gerador de acidez (Singer e Stumm, 1970). Outros minerais comuns são calcopirita (CuFeS_2), arsenopirita (FeAsS), marcassita (FeS_2), entre outros.

A reação eletroquímica de oxidação da pirita envolve várias reações, principais e intermediárias. A reação geral deste processo gera íons ferrosos e sulfato:



Krauskopf (1979) apresenta que a mudança de sulfeto para sulfato acarreta em aumento do Eh, geração de acidez, formação de minerais sulfatados, entre outros. Em zonas úmidas a oxidação de sulfeto gera abundância de íons sulfatos. Em regiões áridas os sulfatos podem estar na forma de cristais de gypsum ou menos comum de ocorrer em formas de sulfatos de ferro e cobre. A reação catalisada por bactérias com liberação de energia pode ser observada a seguir (krauskopf, 1979):



A oxidação química da pirita é lenta, mas a reação mediada por bactérias catalisadoras, em particular, *Thiobacillus ferrooxidans*, são significativas, pois as condições ótimas para a oxidação de sulfetos são também ideais para atuação destas bactérias (Dent, 1986).

Simas et al. (2006) registraram nas áreas de solos afetados por sulfetos na Península Keller a presença de minerais secundários de carga permanente (illita, esmectita, clorita) e de caráter anfotérico (jarosita e ferridrita). Dent (1986) relata que a jarosita é comum de ser encontrada em solos ácidos imprimindo a sua coloração típica amarelo. Seu revestimento se dá em torno de poros em condições ácidas fortemente oxidantes (Eh maior que 400 mV, pH inferior a 3,7). A jarosita pode apresentar certas variedades, mas a forma de potássio predomina (Dent, 1986).

Áreas sulfetadas possuem características muito peculiares e não podem ser tratadas como as demais. Referindo-se ao intemperismo químico na Antártica, locais com oxidação de sulfetos formam ambiente com uma pedogênese completamente distinta de áreas não sulfetadas. Solos de áreas não sulfatadas apresentam solos pouco desenvolvidos, rasos e com dominância de minerais primários.

Estudando camadas até 10 cm de profundidade, Lee et al. (2004) agruparam os solos da Península Barton de acordo com o substrato rochoso, de acordo com eles não registrou-se intemperismo químico significativo na área. A presente pesquisa busca maiores informações sobre o intemperismo químico nas áreas sulfatadas da Antártica Marítima, pois se espera que estas áreas apresentem solos mais desenvolvidos. Deste modo o objetivo principal foi estudar a gênese, mineralogia e micromorfologia de solos desenvolvidos sobre influência de sulfetos e relação com a hidrogeoquímica dos canais de degelo que drenam estas áreas na Península Barton.

REFERÊNCIAS

- Bigham, J.M., Nordstrom, D.K. **Iron and aluminum hydroxysulphates from acid sulfate waters**. In: Alpers, C.N., Jambor, J.L., Nordstrom, D.K. Sulfate minerals, crystallography, geochemistry and environmental significance. Reviews in mineralogy and geochemistry. Washington D.C.: Mineralogical Society of America. p. 351-403, 2000.
- Campbell, I.B and Claridge, G.G.C. **Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment**. Elsevier, Amsterdam, 368 pp. 1987.
- Dent, D. **Acid Sulfate Soils: a baseline for research and development**, ILRI Publ., No. 39, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1986.
- Krauskopf, K.B. **Introduction to geochemistry**. (2nd ed). McGraw-Hill, New York, 1979.
- Lee, J.I., Hur, S.D., Yoo, C.M., Ueo, J.P., Kim, H., Hwang J., Choe, M.Y., Nam, S.H., Kim. Y., Park, B-K., Zheng X. & López- Martínez, J. (2002) **Explanatory text of the geological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica**. Korea Ocean Research and Development Institute.
- Simas F.N., Schaefer, C.E.R.G., Melo, V.F., Guerra, M.B.B., Saunder, M., Gilkes, R.J. **Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (cryosols) from King George Island, Antarctica**. Clays and clay minerals, 54, 723-738, 2006.
- Singer, P. C. e Stumm, W. (1970) **Acid mine drainage: the rate determining step**. Science 197, 1121-1123.
- Souza, J.J.L.L., Schaefer, C.E.G.R., Abrahão, W.A.P., Mello, J.W.V., Simas, F.N.B., Silva, J., Francelino, M.R. **Hydrogeochemistry of sulfate-affected landscapes in Keller Peninsula, Maritime Antarctica**. Geomorphology 155–156 (2012) 55–61.
- Tatur, A., 1989. **Ornithogenic soils of the maritime antarctic**. Polish Polar Research 4, 481–532.

CAPÍTULO 1

Drenagem ácida e hidrogeoquímica da Península Barton, Antártica Marítima

Daví do Vale Lopes ^a; Carlos Ernesto G. R. Schaefer ^{a*}; Felipe N.B. Simas ^a

^a Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. AV. Prof. Peter Henry Rolfs, s/n. Viçosa, MG, 36570-000, Brasil.

E-mail: davi.lopes@ufv.br (D.V. Lopes), carlos.schaefer@ufv.br (C.E.G.R. Schaefer), fsimas@yahoo.com.br (F.N.B. Simas)

RESUMO

A Península Barton (62°14'S - 58°46'W) localiza-se na parte sudoeste da Ilha Rei George, na Baía de Maxwell, possui área aproximada de 12 km². A geologia da área apresenta diorito, granodiorito, lapilli tuff e basalto/andesito com muitas áreas piritizadas, as quais apresentam potencial de oxidação de sulfetos. Estudos envolvendo hidrogeoquímica são importantes para estes ambientes, pois permitem avaliar o background geoquímico, as fontes de nutrientes e a sensibilidade local à contaminações (mesmo vinda de outros continentes). O objetivo deste trabalho foi avaliar a hidrogeoquímica da Península Barton e sua influência no ambiente. Analisou-se águas de lagos e canais de degelo em distintas formações geológicas para avaliar a contribuição das rochas e solos na hidrogeoquímica em clima periglacial. Coletou-se 58 amostras em pontos georreferenciados. Determinou-se pH e Eh das amostras em campo. Foram determinadas as concentrações de 14 elementos por ICP-OES em formas químicas naturais e acidificadas com HNO₃. Ânions foram analisados em cromatógrafo líquido. Diferenciou-se as amostras em 8 grupos de acordo com suas características hidrogeoquímicas. Atributos como pH sofreram forte variação de acordo com as características locais. Não foi registrada influência de carbonatos no tamponamento da drenagem. Foi identificado um processo natural de drenagem ácida na Península Barton. Estas áreas exigem cuidados especiais, devido à acidez e mobilidade de íons metálicos.

Palavras-chave: Piritita; Oxidação; Águas Ácidas; Metais; Ornitogênese.

ABSTRACT

The Barton Peninsula (62°14'S - 58°46'W) located in the southwestern part of King George Island, in Maxwell Bay, has an area of approximately 12 km². The geology has diorite, granodiorite, lapilli tuff and basalt / andesite with many areas with pyrite, which have sulphide oxidation potential. Hydrogeochemical involving studies are important for these environments because they allow evaluate the geochemical background, sources of nutrients and the local sensitivity to contamination (even coming from other continents). The objective of this study was to evaluate the hydrogeochemical the Barton Peninsula and its influence on the environment. Analyzed waters of lakes and melt channels in different geological formations to assess the contribution of rocks and soils in hydrogeochemical in periglacial climate. Collected 58 samples up in georeferenced points. Determined pH and Eh of the samples in the field. Determined the concentrations of 14 elements by ICP-OES natural chemical forms and acidified with HNO₃. Analyzed anions by liquid chromatograph. Samples differed in 8 groups according to their hydrogeochemical characteristics. Attributes such as pH experienced strong variation according to local characteristics. It was not recorded influence of carbonates in plugging the drain. A natural process of acid drainage was identified in the Barton Peninsula. These areas require special care because of the acidity and mobility of metal ions.

Keywords: Pyrite; Oxidation; Acidic waters; Metals; Ornithogenic.

1. Introdução

O arquipélago das Shetlands do Sul localiza-se na Antártica Marítima, sendo a Ilha Rei George de maior extensão. A formação geológica da ilha consiste principalmente de rochas de idades do período Terciário, Paleoceno ao Oligoceno, destaca-se basalto, andesito-basáltico e granodiorito (Kim et al., 2002). A Península Barton (62°14'S 58°46'W) possui área aproximada de 12 Km², localiza-se a sudoeste da Ilha Rei George, na Baía de Maxwell. Um dos principais pontos de referência da área é a estação de pesquisa sul coreana King Sejong, instalada no local desde 1988 (Figura 1).



Figura 1: Estação de pesquisa sul coreana, King Sejong, localizada na Península Barton, Antártica Marítima.

Na Península Barton, assim como na Ilha Rei George em geral são encontrados veios e disseminações sulfetadas, principalmente em andesitos, os quais revelam um potencial natural de geração de acidez. Acid Rock Drainage (ARD) é resultante de um processo natural de oxidação de minerais sulfetados de oxidação ácida, tais como a pirita (FeS₂). A drenagem ácida ocorre quando a produção de ácido excede capacidade tampão da rocha ou solo. Na existência de rochas carbonáticas existe maior tendência de neutralização da acidez (Bigham e Nordstrom, 2000).

Poucos estudos abordam sobre drenagem ácida de rocha na Antártica e sua influência no intemperismo em condições periglaciais. Dold et al. (2013)

analisaram os processos bioquímicos que levam a geração de ARD e como estes são importantes como fonte de ferro para o Oceano Antártico. Em estudo hidrogeoquímico na Península Keller, Souza et al. (2012) identificaram maior concentração iônica em áreas afetadas por sulfetos, em comparação a áreas não sulfetadas, o que demonstra a importância deste processo para a gênese de solos sulfatados na Antártica. Os canais de drenagem ajudam a compreender como está ocorrendo o intemperismo químico e como se desenvolvem os solos da região. Simas et al. (2006) relataram presença de solos ácidos, horizontes sulfúricos, minerais como jarosita, ferridrita e caulinita indicando intemperismo químico mais avançado e desestabilização de minerais primários em áreas de oxidação de sulfetos na Ilha Rei George.

Os canais retratam as dinâmicas hidrogeoquímicas ocorrentes dentro das bacias de drenagem. Estes cursos hídricos do verão transportam nutrientes, metais tóxicos e elementos de importância trófica e ambiental (Souza et al., 2012). O presente trabalho teve como objetivo principal analisar a hidrogeoquímica de lagos e canais de degelo que drenam diferentes litologias da Península Barton.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A Península Barton localiza-se na Ilha Rei George no bloco geológico conhecido como “Horst de Barton”. A oeste da ilha encontram-se quartzo-diorito e plútons granodioríticos, exclusivos da Península. A presença de enclaves vulcânicos sugere que plútons graníticos, aparentemente, se introduziram nos extratos rochosos pré-existentes (Yeo et al., 2004). A geologia dominante na área é de terrenos basalto-andesíticos, Paleoceno-Eoceno.

Armstrong (1995) registrou que os andesitos piritizados da península estão associados a um ambiente hidrotermal magmático, possivelmente com um componente magmático de vapor, sua gênese relaciona-se a volumes de fluidos ácidos gerados em rasas profundidades.

A litologia da península consiste principalmente rochas vulcânicas, piroclastos, hipabissais e rochas plutônicas (Figura 2). A Formação Sejong, composta por sedimentos vulcanoclásticos é mais antiga da área. Yeo et al. (2004) registraram importante distinção dos terrenos basalto-andesíticos. No centro da

Península Barton as rochas apresentam composição máfica, sendo caracterizadas como basalto para basalto andesítico. Ao norte da península as rochas apresentam composição intermediária, basalto andesítico para andesito (Yeo et al., 2004).

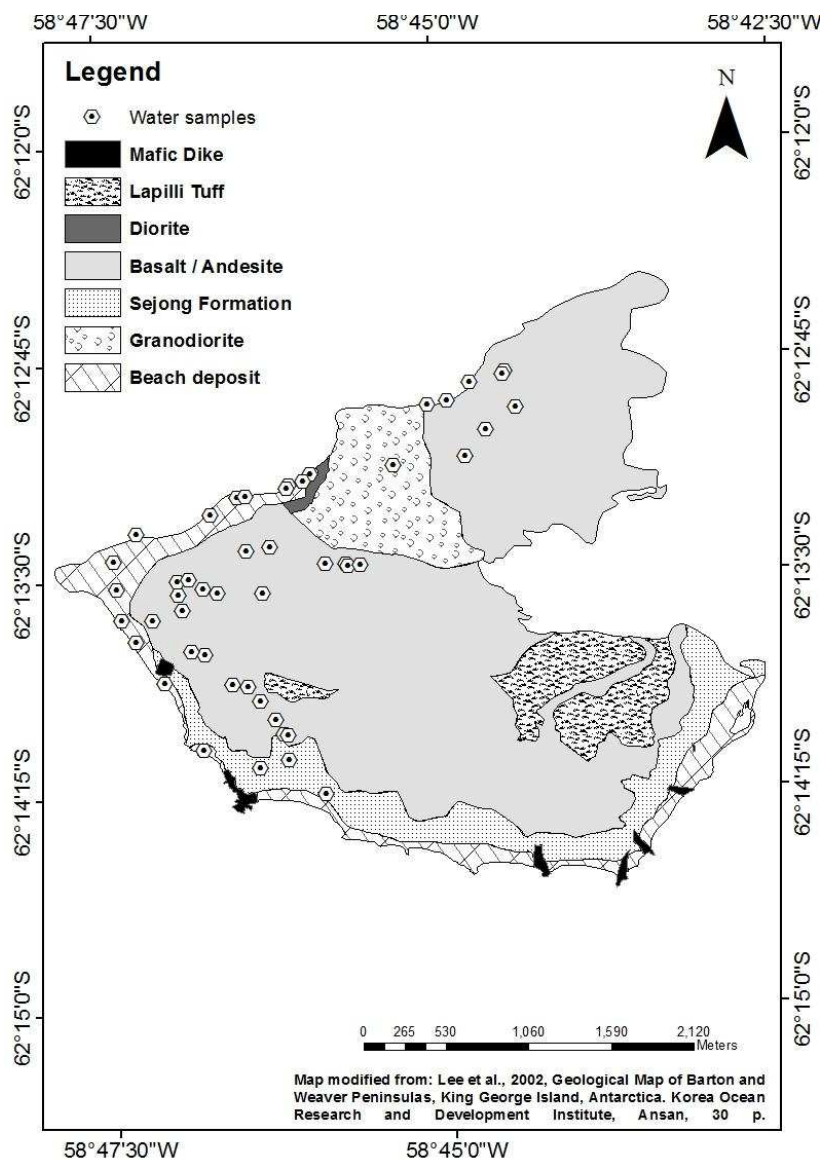


Figura 2: Pontos de coleta de amostras de água e geologia da Península Barton, Antártica Marítima.

2.2. Amostragem e análises de água

Os pontos amostrados foram georreferenciados com auxílio de GPS (“Global Position System”). Coletou-se amostras de água considerando a distribuição espacial dos canais de degelo. As coletas foram feitas durante o verão antártico de 2014, baseou-se em pontos conforme: 1) presença de canais de degelo; 2) variações de material de origem; 3) e posição relativa ao mar e lagos.

Utilizou-se frascos de polietileno para evitar a interferência de compostos orgânicos fotodegradáveis. Previamente os frascos foram ambientados com a água do próprio local por três vezes. Coletou-se 58 amostras simples de canais de degelo e lagos. Armazenou-se em ambiente refrigerado com o objetivo de retardar a ação biológica e alteração dos compostos químicos. Em campo mensurou-se valores de pH e Eh no momento da coleta.

Foram feitas análises da composição química com mensuração das formas naturais e formas dissolvidas em pH ácido de 14 elementos químicos: Si, S, Ca, Fe, Al, P, Mn, Cu, Na, Mo, K, Mg, Zn e Ni. A dosagem foi realizada em Espectrofotômetro de Emissão Óptica Acoplado a Plasma Induzido (ICP-OES).

A extração das formas químicas naturais foi feita através da filtragem da amostra de água à vácuo utilizando membrana de éster de celulose com porosidade de 0,45 µm. As formas dissolvidas em pH ácido, também seguiram o procedimento de filtragem, porém submetidas a uma prévia acidificação com HNO₃ redestilado. Os procedimentos seguiram o método 200.7 da United States Environmental Protection Agency (USEPA, 2009). Os parâmetros analíticos foram feitos para avaliar o grau de confiabilidade do aparelho e identificar os limites de detecção e quantificação (Tabela 1).

Tabela 1: Parâmetros analíticos de controle dos dados analisados em ICP-OES.

Elemento	Spike-CV	LQP=FD*LQ	Check-CV
-	%	ug/L	%
Al	0,3638	0,0066	0,4135
Ca	1,2237	0,0242	-0,7285
Cu	5,5902	0,0018	8,4654
Fe	2,4413	0,0236	0,6279
K	1,0340	0,1218	13,9647
Mg	-3,2425	0,0077	0,6100
Mn	-0,1413	0,0003	-0,1983
Mo	16,2271	0,0027	5,9548
Na	1,7835	0,0781	0,8370
Ni	-1,6931	0,0011	-4,7768
P	0,4115	16,3881	0,7526
S	1,6478	264,4277	6,9335
Si	0,8067	0,2494	0,1916
Zn	-3,7284	0,0038	0,3103

LQ=Limite de quantificação; LQP=Limite de quantificação praticável; CV=covariância; FD=fator de diluição.

A alcalinidade foi medida em amostras de água não filtradas (Greenberg et al., 1992). Sulfato, borato, nitrato, nitrito e cloreto foram determinados em amostras não acidificadas por Cromatógrafo de Troca Iônica Dionex DX-600.

3. Resultados

3.1. Caracterização geral

A Península Barton apresenta áreas com diferentes tipos de solos, relevos e características hidrogeoquímicas complexas. A área amostrada foi dividida em grupos em função do local de coleta. O grupo 1 é uma área de basalto para basalto andesítico. As bacias são mais desenvolvidas com canais de drenagem mais encaixados. O grupo 2 representa área mais próxima a geleira, parte noroeste da Península Barton. Apresenta oxidação de sulfetos visível pela coloração amarelada das rochas e solos. Devido à proximidade da geleira esta bacia é mais jovem tendo sido exposta às condições de oxidação após o recuo recente dos glaciares. Outro indicador disto é a ausência de vegetação, e relevo mais escarpado, com canais de drenagem pouco encaixados. A geologia desta área é caracterizada como basalto andesítico para andesito (Tabela 2).

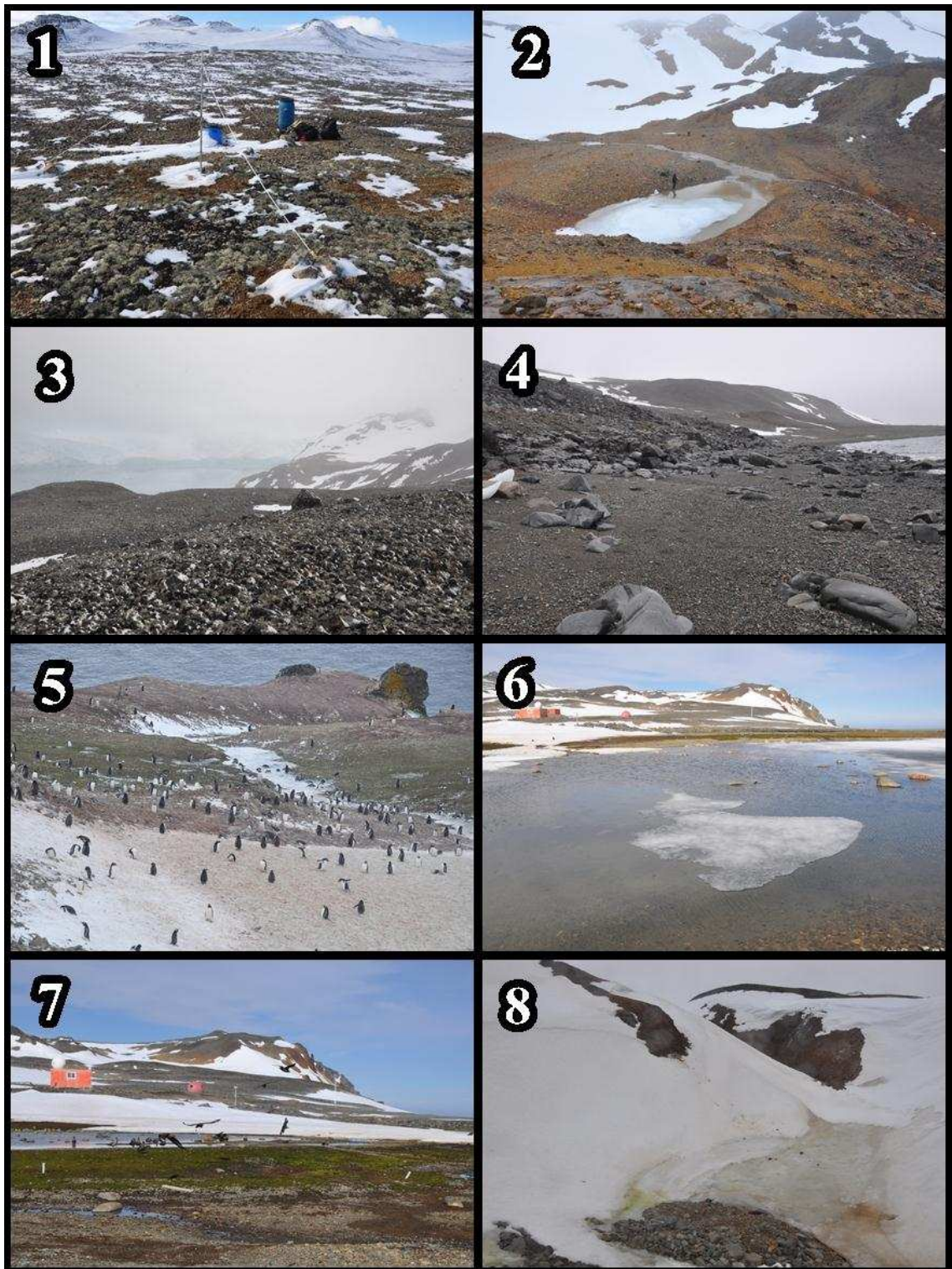
Tabela 2: Caracterização geral dos grupos amostrais em estudo na Península Barton

Grupo	Área	Rochas	Amostras	Descrição geral
1	Área de composição máfica.	Basalto para Basalto andesítico.	1, 2, 13, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 45 e 54	Apresenta um planalto com solos poligonais mais desenvolvidos. Os canais de drenagem são encaixados na bacia.
2	Área sulfetada próxima a geleira	Basalto andesítico para Andesito	3, 4, 5, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25 e 26.	Solos poucos desenvolvidos. A proximidade da geleira indica que os terrenos da bacia foram expostos recentemente.
3	Área do plúton de granodiorito.	Granodiorito	6, 7, 8 e 12	Área com um grande maciço intrusivo, o qual apresenta poucos canais de degelo. Os solos são pouco desenvolvidos.
4	Bacia não oxidada, área vulcânica não sulfetada.	Basalto para Basalto andesítico	9, 10, 11, 48, 49, 50, 51, 52	Não foi observado sinais de oxidação. O vale em que foram coletadas as amostras parece favorecer a acumulação da neve.
5	Pinguineira sobre rochas vulcânicas.	Andesito/Basalto e rochas da F.Sejong	36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43.	Área de pinguineira ativa com solos ornitogênicos.

6	Lagos	-	46, 47 e 53.	Foram coletados em diferentes formações geológicas.
7	Planície flúvio-marinhas.	-	27, 44 e 55.	Coletadas em pontos em que os canais de drenagem desaguavam no mar.
8	Neveiros	-	56, 57 e 58.	Observou-se neve com impurezas oriundas das partes mais elevadas.

O grupo 3 compreende uma área menos intemperizada, sobre um plúton intrusivo de granodiorito. Observou-se fraco desenvolvimento de solo e poucos canais de drenagem. O grupo 4 representa amostras que não são visíveis oxidação de sulfetos. O grupo 5 foi distinguido, principalmente pela presença de pinguineira ativa, na área observou-se solos ornitogênicos e rochas máficas. O grupo 6 representa amostras de lagos. O grupo 7 representa ambiente de praia e terraços marinhos. O grupo 8 é composto por amostras de neve que foram coletadas em pontos diferentes dos neveiros da Península (Figura 3).

Figura 3: Representação de cada grupo amostral da Península Barton



Grupo 1- Área de composição máfica; Grupo 2 - Área sulfetada próxima a geleira; Grupo 3 - Área de plúton de granodiorito; Grupo 4 - Bacia não oxidada em uma área vulcânica não sulfetada; Grupo 5- Pinguineira ativa; Grupo 6- Lago; Grupo 7- Planície flúvio-marinha; Grupo 8 Neveiros.

3.2. Alcalinidade e pH

Darmody et al. (1999) registraram neutralização da acidez por carbonatos em áreas de oxidação de sulfeto no Ártico. Carbonatos são os principais minerais capazes de produzir alcalinidade, influenciando diretamente a qualidade da drenagem. A quantidade potencial de alcalinidade depende da quantidade de materiais calcários presentes. Na Península Barton não registrou influencia de carbonatos nas águas (Tabela 3). Souza et al. (2012), em estudo na Península Keller, Ilha Rei George, também não registraram influencia de materiais carbonáticos como fonte de alcalinidade das águas.

Tabela 3: pH e alcalinidade das amostras de água da Península Barton.

Grupo	Número de Amostras	Área	Rochas		pH	Alcalinidade (mg/L)
1	13	Área de composição máfica	Basalto para Basalto andesítico	Média	6,29	282,45
				Máxima	7,12	395,44
				Mínima	4,60	112,98
2	16	Área sulfetada próximo a geleira	Basalto andesítico para Andesito	Média	3,99	112,98
				Máxima	4,42	338,94
				Mínima	3,50	56,49
3	4	Área do plúton	Granodiorito	Média	5,53	451,93
				Máxima	5,78	451,93
				Mínima	5,14	451,93
4	8	Bacia não oxidada	Basalto para Basalto andesítico	Média	6,90	437,80
				Máxima	7,66	508,42
				Mínima	5,30	338,94
5	8	Área de pinguineira ativa	Andesito/Basalto e rochas da F.Sejong	Média	6,54	361,54
				Máxima	6,84	451,93
				Mínima	6,21	225,96
6	3	Lagos	-	Média	7,15	310,70
				Máxima	7,35	451,93
				Mínima	6,75	169,47
7	3	Planície flúvio-marinha	-	Média	7,95	583,74
				Máxima	7,98	790,87
				Mínima	7,93	169,47
8	3	Neveiros	-	Média	8,43	-
				Máxima	8,55	-
				Mínima	8,35	-

3.3. Caracterização aniônica

O principal ânion de interesse neste estudo é o sulfato, o qual se origina do processo de oxidação do sulfeto. Os maiores valores médios de sulfato foram registrados na Península Barton na área em que ocorre o processo de drenagem ácida de rochas (Grupo 2). Este local tende a ser mais favorável a formação de minerais secundários sulfatados. Observou-se que na área de composição máfica (Grupo 1) também ocorre o processo de oxidação de sulfeto, tanto é que os valores de sulfato foram altos nesta bacia. As águas dos lagos (Grupo 6) também apresentaram os valores elevados de sulfato, devido principalmente ao ambiente favorável ao acúmulo (Tabela 4).

Tabela 4: Concentração aniônica por grupo de amostras da Península Barton

Grupo	Área	Rocha	mg/L	Cloreto	Nitrito	Nitrato	Sulfato
1	Área de composição máfica	Basalto para Basalto Andesítico	Média	74,51	-	1,61	42,73
			Máximo	397,83	-	2,42	392,76
			Mínimo	14,45	-	0,79	4,50
			Desvio Padrão	118,87	-	0,52	102,03
2	Área sulfetada próxima a geleira	Basalto andesítico para Andesito	Média	38,33	-	5,20	67,88
			Máximo	137,84	-	72,00	378,39
			Mínimo	10,67	-	0,31	10,26
			Desvio Padrão	34,91	-	17,25	92,33
3	Área do plúton de granodiorito	Granodiorito	Média	13,78	-	1,12	6,53
			Máximo	20,97	-	1,23	14,83
			Mínimo	6,22	-	1,02	1,53
			Desvio Padrão	5,25	-	0,08	5,07
4	Bacia não oxidada, área vulcânica não sulfetada	Basalto para Basalto Andesítico	Média	121,67	-	6,73	35,30
			Máximo	536,33	-	38,00	66,50
			Mínimo	8,55	-	0,72	6,08
			Desvio Padrão	166,91	-	12,78	25,90
5	Influenciada por pinguineira	Andesito/Basalto e rochas da F.Sejong	Média	63,81	-	11,90	23,40
			Máximo	139,73	-	42,04	41,86
			Mínimo	21,91	-	1,35	13,63
			Desvio Padrão	41,47	-	15,41	8,86
6	Lagos	-	Média	288,61	-	2,71	65,90
			Máximo	769,48	-	2,77	122,55
			Mínimo	47,46	-	2,65	24,16
			Desvio Padrão	340,03	-	0,06	41,53
7	Planície flúvio-marinha	-	Média	22722,55	-	-	2682,49
			Máximo	26698,00	-	-	3242,00
			Mínimo	18796,40	-	-	1650,51
			Desvio Padrão	3226,00	-	-	730,58
8	Neveiros	-	Média	11,86	-	2,06	2,60
			Máximo	28,16	-	3,72	5,73
			Mínimo	3,40	-	1,07	0,91
			Desvio Padrão	11,53	-	1,18	2,21

Krauskopf (1979) relata que a mudança de sulfeto para sulfato acarreta no aumento do Eh, geração de acidez, formação de minerais sulfatados, etc. Identificou-se que complexa geologia da Península Barton influencia diretamente nas águas dos canais de drenagem. Embora o grupo 1 esteja inserido em uma mesma província geológica que o grupo 2, fica nítido que o processo de oxidação de sulfeto ocorre de modo diferente nestas áreas. Este fato pode ser explicado pela

maior presença de veios sulfetados nas rochas do grupo 2 (basalto andesítico para andesito), o que acarreta em maior liberação de sulfato.

As águas dos lagos apresentam grande quantidade de cloreto e sulfato. O nitrato não apresenta valores muito elevados. A área do plúton de granodiorito (Grupo 3) é a que apresentou um dos menores valores de concentração de sulfato. Isto se deve ao granodiorito ser uma rocha livre de pirita na Península Barton. Esta área também demonstra ser a menos intemperizada, com fraco desenvolvimento de solo (Figura 4).

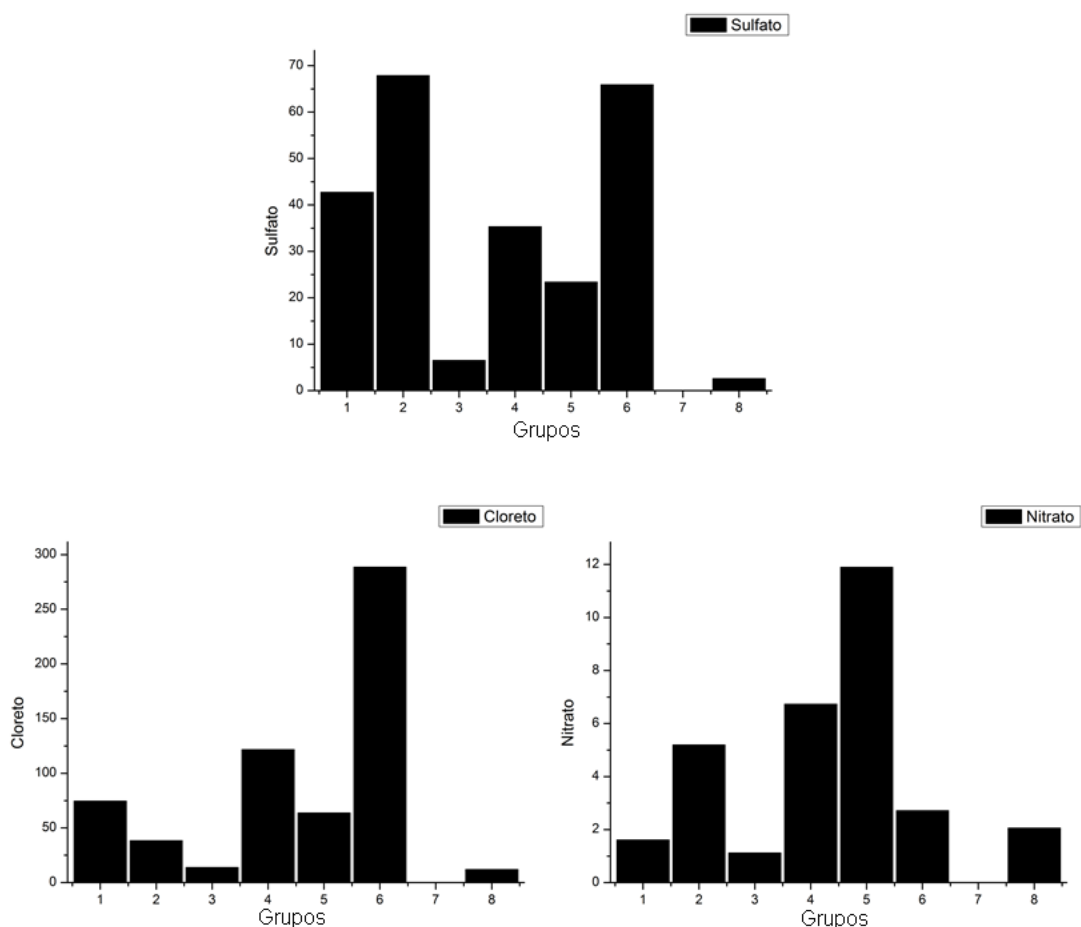


Figura 4: Valores médios de concentração de sulfato, cloreto e nitrato em mg.L⁻¹ de acordo com os grupos em estudo Península Barton.

G1 (Área com composição máfica), G2 (Área com oxidação de sulfetos), G3 (Plúton de granodiorito), G4 (Área não oxidada), G5 (Pinguineira ativa), G6 (Lagos), G7 (Planície flúvio-marinha), G8 (Neveiros).

Cloreto e sulfato foram mais abundantes nas amostras coletadas em planície flúvio-marinhas (Grupo 7), sendo influência das águas do mar no local de coleta. Estes valores não foram representados nos gráficos (Figura 4), pois, dificulta a

visualização. Estas amostras precisaram ser diluídas em cerca de 1000 vezes para que se pudesse fazer a leitura no cromatógrafo líquido. Pela grande diluição não foi detectado nitrato.

As amostras de neveiros chegaram a registrar uma pequena quantidade de sulfato, atribuído à contaminação deste ânion lixiviado das partes mais elevadas e precipitado na neve. Observou-se no campo neve com coloração amarelada destacando este processo (Figura 3).

3.4. Concentração elementar

As maiores concentrações de metais e metaloides foram registradas nas áreas mais afetadas por oxidação de sulfetos. Destaca-se o grupo onde a geologia é formada por basalto andesítico para andesito (Grupo 2) e também a planície flúvio-marinha (Grupo 7) com maiores concentrações de macronutrientes. A área do plúton de granodiorito (Grupo 3), apresentou os menores valores de concentração elementar, um dos fatores que dificulta a ação do intemperismo químico nesta área relaciona-se a resistência do material de origem.

Tabela 5: Concentração elementar por grupo das amostras em forma solúveis dosados em ICP-OES.

Grupo		Al	Ca	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Mo	Na	Ni	P	S	Si	Zn
		ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L	ug/L
1	Média	199,45	1832,12	8,69	1473,85	683,46	4383,35	-	2,20	9434,18	-	219,86	6872,55	651,84	0,34
	DesvP	7,89	665,37	3,75	2286,98	781,30	0,00	-	1,22	10794,30	-	200,08	4806,73	591,75	0,00
2	Média	1644,15	6495,65	47,03	1153,75	1564,44	5366,12	92,49	3,16	12435,46	-	260,24	49791,93	1147,97	21,66
	DesvP	2208,27	9171,00	41,47	1825,87	1896,13	3988,50	110,70	1,16	17908,50	-	189,49	43641,11	1216,11	17,03
3	Média	-	687,84	-	817,50	-	-	-	-	1941,44	-	412,18	-	-	-
	DesvP	-	275,59	-	504,08	-	-	-	-	1150,77	-	191,02	-	-	-
4	Média	143,79	5492,64	14,99	1090,00	162,32	101,76	-	-	4874,20	-	256,87	9812,98	2016,87	-
	DesvP	81,58	4141,47	0,36	989,04	92,75	0,00	-	-	1814,59	-	119,34	7672,65	1188,42	-
5	Média	273,94	3892,15	17,34	1190,00	1218,70	566,03	-	3,44	8778,97	-	22273,22	13748,15	944,20	8,36
	DesvP	167,54	1983,75	7,53	1020,39	1247,13	126,79	-	0,00	3581,87	-	411,25	4654,06	538,47	4,54
6	Média	256,63	4623,17	20,80	2933,33	653,97	-	-	-	9374,65	-	-	17447,13	643,24	-
	DesvP	90,83	3070,31	7,25	4050,36	302,05	-	-	-	1504,05	-	-	11683,04	536,36	-
7	Média	192,68	219318,92	7,50	3606,67	3966666,67	305191,86	-	10,84	88004053,98	-	628,44	2073908,69	990,99	2,65
	DesvP	4,71	52024,53	3,49	4267,85	1033870,83	26104,37	-	2,77	14854853,30	-	0,00	204074,54	352,19	2,41
8	Média	190,88	-	15,53	318,87	500,46	-	-	-	2462,40	-	-	2821,09	-	-
	DesvP	0,40	-	0,25	537,92	0,00	-	-	-	2013,48	-	-	856,77	-	-

OBS: Campos em branco representam valores abaixo do limite de quantificação.

G1 (Área com composição máfica), G2 (Área com oxidação de sulfetos), G3 (Plúton de granodiorito), G4 (Área não oxidada), G5 (Pinguineira ativa), G6 (Lagos), G7 (Planície flúvio-marinha), G8 (Neveiros).

Dold et al. (2013) registraram que a drenagem ácida de rochas (ARD) é uma fonte potencial de ferro para o Oceano Antártico. Catalisada por bactérias a oxidação de minerais sulfetados, como a pirita, propicia a maior mobilidade do ferro. Com exceção das amostras de água do mar, no presente estudo as águas das áreas com oxidação de sulfeto apresentaram os maiores valores de ferro.

4. Discussão

4.1. Regionalização hidrogeoquímica

O conjunto amostral da Península Barton foi dividida em 8 grupos de acordo com as características hidrogeoquímicas. O Grupo 1 (Área de basalto para basalto andesítico) apresenta oxidação de sulfetos e valores de pH próximo da neutralidade. De acordo com Bigham e Nordstrom (2000) esta condição de pH favorece a remoção de Fe, Al, e outros metais a partir de solução.

A alcalinidade é uma medida da capacidade da água neutralizar ácidos e resistir à mudança (“tampão”), ou seja, existe um balanço entre acidez e alcalinidade. Algumas fontes de alcalinidade são minerais que contém cálcio e magnésio, carbonatos, sais, entre outros. Na Península Barton não registrou presença de carbonatos. Sugere-se que a salinidade é um dos principais fatores responsáveis pelos valores de pH próximo a neutralidade. Muitas vezes estes sais não são identificados devido a sua alta solubilidade. Souza et al. (2012) abordaram que na Península Keller, apesar das condições periglaciais mais amenas e do clima mais úmido, no inverno é provável que se tenha precipitação de evaporitos e gypsum.

Outro fator que merece ser destacado é a influenciada da geologia. O centro da Península Barton apresenta rochas de composição máfica (Yeo et al., 2004). A maior presença de minerais primários facilmente intemperizáveis, como por exemplo, os ferro magnesianos, pode contribuir como fonte de alcalinidade

Por sua vez, no Grupo 2 os valores pH apresentaram média igual a 3,99. Nesta localidade as rochas apresentam composição intermediária, basalto andesítico para andesito. A composição química das águas de drenagem é influenciada pela presença de sulfetos, os quais expostos às condições atmosféricas são oxidados, gerando acidez. A quantidade potencial de geração de acidez depende da quantidade total e dos tipos de sulfetos. Sulfetos são estáveis sob

condições anaeróbicas, mas quando o oxigênio é introduzido no sistema ocorre oxidação e geração de ácido sulfúrico (Dent, 1986).

Na Península ocorre oxidação onde se encontram andesitos piritizados, segundo observações de campo. Esta área apresenta pH extremamente ácido, chegando a atingir valor de 3,5. A acidez e conseqüentemente elevada mobilidade de íons metálicos retratam a ocorrência de um processo natural de drenagem ácida de rochas (Grupo 2) na parte noroeste da Península Barton. Bigham e Nordstrom (2000) abordam que a formação de ácido sulfúrico nestas áreas acarreta na mobilização e liberação de acidez e metais nas águas.

Observou-se que no Grupo 2 as concentrações de enxofre, cálcio e silício aumentam de acordo com acidez. Este ambiente ácido favorece a desestabilização de minerais. Considerando as condições antárticas esta localidade apresenta intemperismo químico significativo. Com o aumento da acidez, esta área também apresentou aumento na concentração de metais como Al, Cu e Mn. A fonte primária de Al solúvel em águas ácidas sulfatadas é através do intemperismo químico dos aluminossilicatos que estão sujeitas ao ataque por dissolução, como por exemplo, os feldspatos (Bigham e Nordstrom, 2000).

O Grupo 3 compreende uma área menos intemperizada, sobre um plúton intrusivo de granodiorito. Neste grupo registrou-se os menores valores de concentração elementar. Para a maior parte dos elementos químicos analisados, os valores deram abaixo do limite de quantificação. Isto demonstra que na área ocorre processo incipiente de intemperismo químico, relacionado à resistência do material de origem.

No Grupo 4 as rochas apresentam composição máfica (basalto para basalto andesítico). Registrou-se valores de pH próximo a neutralidade. Nesta área a oxidação de sulfetos não foi visível no campo, porém foram registrados valores de sulfato consideráveis (35 mg/L). Este fator pode estar relacionado à oxidação em menor proporção que nas outras áreas analisadas ou estes sulfatos foram lixiviados de outras partes oxidadas ao redor.

A área de pinguineira ativa (Grupo 5) tem como característica marcante os elevados valores de fósforo (Figura 5). A decomposição do guano também gera acidez, sendo um fator importante para atuação do intemperismo químico na Antártica. O valor de pH próximo a neutralidade nesta área (valor de pH médio

igual a 6,5) pode estar relacionado à influência da salinidade, a qual favorece o balanço a favor da alcalinidade.

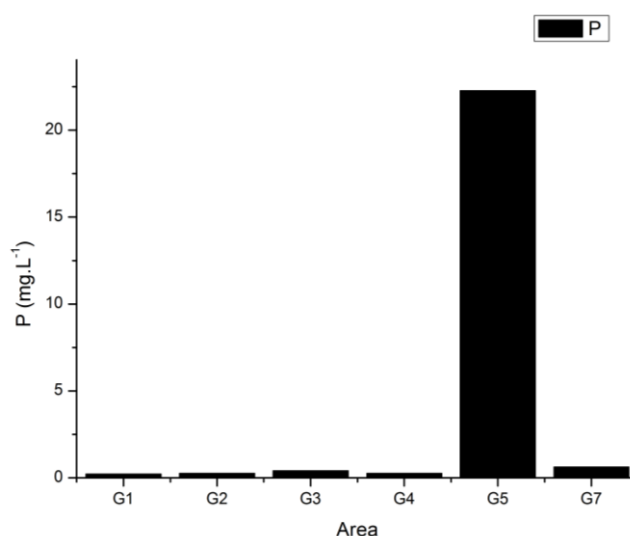


Figura 5: Concentração de P (mg.L⁻¹) de acordo com os grupos regionalizados na Península Barton, Antártica Marítima.

G1 (Área com composição máfica), G2 (Área com oxidação de sulfetos), G3 (Plúton de granodiorito), G4 (Área não oxidada), G5 (Pinguineira ativa), G7 (Planície flúvio-marinha).

As amostras dos lagos (Grupo 6) apresentaram valor médio de pH igual a 7,1. Os valores de sulfato também foram elevados (média igual a 65 mg.L⁻¹), relacionado ao ambiente de acúmulo que recebeu águas de canais que drenam áreas com oxidação de sulfeto. Com exceção das planícies flúvio-marinhas, os lagos da Península Barton apresentaram os maiores valores de cloreto (288 mg.L⁻¹). Cloretos são sais inorgânicos muito solúveis, por isto sua concentração é mais elevada em ambientes de acúmulo.

Na planície flúvio-marinha (Grupo 7) o pH alcalino se deve a influência das águas do mar. A concentração aniônica nesta área foi muito superior em comparação as demais, tanto para cloreto, sulfato e também nitrato (este último não teve seu valor representado, pois sua concentração muito elevada saturou a leitura no cromatógrafo). Esta área foi a segunda que registrou-se maiores valores de fósforo, isto se deve a ocupação por fauna antártica na costa.

Os neveiros (Grupo 8) apresentaram valor médio de pH igual a 8,4. Estes valores alcalinos comprovam que a Península Barton sofre grande influência da salinidade. Nestas amostras registrou-se pequenas quantidades de sulfatos, os quais

foram lixiviados das partes de maior altitude. Observou-se em campo neve com coloração amarela retratando este processo (Figura 3). A regionalização da Península Barton de acordo com as características hidrogeoquímicas proporcionou muitos avanços em relação ao conhecimento sobre o processo de intemperismo químico e sobre os diferentes pedoambientes existentes.

4.2. Hidrogeoquímica e pedoambientes

A complexa distribuição hidrogeoquímica da Península Barton reflete os processos que ocorrem nos diferentes pedoambientes. Registrou-se processo de oxidação de sulfeto e alta concentração iônica no centro da Península (Grupo 1) e ao norte (Grupo 2). Souza et al. (2012) também registraram alta concentração iônica em bacias hidrográficas afetadas por sulfeto na Península Keller, o que mostra a importância deste processo na formação dos solos sulfatados. Nestas áreas a sulfurização é um processo pedogenético muito importante, normalmente associado a solos mais desenvolvidos devido à condição ácida do meio.

Na Península Barton as áreas de oxidação de sulfeto apresentam águas com condições de pH distintas, isto retrata que a dinâmica nestes pedoambientes também são diferentes (Tabela 6). No Grupo 1 os valores de pH foram registrados próximo a neutralidade, por sua vez no Grupo 2 foi registrado drenagem ácida. Souza et al. (2014) identificaram que os solos ácidos sulfatados eram os mais intemperizados da Ilha Seymour. Na Península Barton observou-se solos mais desenvolvidos no Grupo 1, embora as concentrações iônicas fossem maiores nas amostras do Grupo 2. Um fator importante para esta discussão é que a profundidade dos solos também depende do balanço entre erosão e pedogênese, o que explica solos mais desenvolvidos no Grupo 1 em comparação ao Grupo 2.

Tabela 6: Caracterização dos pedoambientes da Península Barton.

Grupo	Pedoambiente	pH	Solo	Mobilidade iônica	Oxidação	Informação adicional
1	Área sulfatada	6,2	Desenvolvido	Alta	Oxidação de sulfeto	Sulfato elevado
2	Área sulfatada ácida	3,9	Desenvolvido	Alta	Oxidação de sulfeto	Sulfato elevado
3	Área de granodiorito	5,5	Pouco desenvolvido	Baixa	Não oxidada	Intemperismo químico insignificante
4	Área máfica	6,9	Desenvolvimento intermediário	Intermediária	Não oxidada	Intemperismo químico intermediário
5	Área fosfatada	6,5	Desenvolvido	Alta	Não oxidada	P elevado

Grupo 1 - Área oxidada; Grupo 2 - Área oxidada ácida; Grupo 3 - Área do plúton de granodiorito; Grupo 4 - Área máfica não oxidada; Grupo 5 - Área de Pinguineira ativa.

Na área do plúton com maciço de granodiorito (Grupo 3) registrou-se concentrações abaixo do limite de detecção para a maior parte dos elementos analisados. Nas condições antárticas o intemperismo químico que é muito incipiente, é ainda mais insignificante nesta área, observado através da baixa concentração iônica dos canais de drenagem (Tabela 5). Entende-se que a resistência do material de origem é determinante para estas condições. Através das observações de campo, registrou-se nesta área solos muito rasos e poucos canais de drenagem.

Na área vulcânica com rocha caracterizada como basalto para basalto andesítico (Grupo 4) não observou-se sinais de oxidação nas rochas e solos. Os solos são mais desenvolvidos do que a área do plúton de granodiorito, porém menos desenvolvido que as áreas sulfatadas e de pinguineira. O pH desta área apresentou média de 6,9.

O pedoambiente da área de pinguineira ativa (Grupo 5) merece ser destacado, devido as suas características ímpares. Nesta área observou-se solos profundos, maior cobertura vegetal da Península Barton e elevada concentração de P (Figura 5), o que retrata a atuação do processo de fosfatização. Tatur (1989) aborda que solos ornitogênicos de ambientes costeiros da Antártica são importante fonte de nutrientes para os ecossistemas terrestres que rodeiam colônias de pinguins. Em estudo na Ilha Rei George, Simas et al. (2007) apresentaram que a deposição do guano acarreta em aumento dos valores de P, N e C orgânico dos solos. Estas condições demonstram que se tem maior atuação do intemperismo químico nestas áreas.

5. Conclusões

Através das análises hidrogeoquímicas dividiu-se o conjunto amostral da Península Barton em 8 grupos. Baseou-se principalmente em critérios como geologia, pH, concentração catiônica e aniônica das águas.

Na Península Barton ocorre um processo natural de drenagem ácida de rochas em área de oxidação de sulfetos, tendo sua geologia caracterizada como basalto andesítico para andesito (Grupo 2).

A partir das características hidrogeoquímicas permitiu-se ter um avanço no conhecimento sobre os pedoambientes da Península Barton. Destaca-se as áreas com sulfurização e fosfatização, as quais apresentam maior atuação do intemperismo químico.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, TERRANTAR, INCT da Criosfera e o financiamento da FAPEMIG. Agradecemos também a hospitalidade na estação de pesquisa sul-coreana "King Sejong", todos os colegas de convívio durante as coletas, coreanos, portugueses, chilenos, em especial os companheiros de trabalho Davi Feital Gjorup e João Luíz Lani pela amizade e auxílio durante os trabalhos. Finalmente, os autores agradecem os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

Referências

- Armstrong, D.C. **Acid sulphate alteration hydrothermal environment, King George Island, in a magmatic Barton Peninsula, Antarctica.** Mineralogical Magazine, September 1995, Vol. 59, pp. 429-441.
- Bigham, J.M., Nordstrom, D.K. **Iron and aluminum hydroxysulphates from acid sulfate waters.** In: Alpers, C.N., Jambor, J.L., Nordstrom, D.K. Sulfate minerals, crystallography, geochemistry and environmental significance. Reviews in mineralogy and geochemistry. Washington D.C.: Mineralogical Society of America. p. 351-403, 2000.
- Campbell, I.B and Claridge, G.G.C. **Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment.** Elsevier, Amsterdam, 368 pp. 1987.
- Darmody, R.G., Thorn, C.E., Harder, R.L., Schlyter, J.P.L., Dixon, J.C. **Weathering implications of water chemistry in an arctic-alpine environment, northern Sweden.** Geomorphology 34, 2000. 89–100.
- Dent, D. **Acid Sulfate Soils: a baseline for research and development,** ILRI Publ., No. 39, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1986.
- Dold, B.; Gonzalez-Toril, E.; Aguilera, A.; Lopez-Pamo, E.; Cisternas, M.E.; Bucchi, F.; Amils, R. **Acid Rock Drainage and Rock Weathering in Antarctica: Important Sources for Iron Cycling in the Southern Ocean.** Environ. Sci. Technol. 2013, 47, 6129–6136.
- Greenberg, A.E., Clesceri, L.S., Eaton, A.D. (Eds.). **Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water.** American Public Health Association, Washington, 1992. 1100 pp.
- Kim, H., Lee, J. Ik, Choe, M.Y., Cho, M., Zheng, X., Sang, H., & Qiu, J. **Geochronologic evidence for Early Cretaceous volcanic activity on Barton Peninsula, King George Island, Antarctica.** [J].Polar research, 2000, 19 (2):251-260.
- Krauskopf, K.B. **Introduction to geochemistry.** (2nd ed). McGraw-Hill, New York, 1979.
- Lee, J.I., Hur, S.D., Yoo, C.M., Ueo, J.P., Kim, H., Hwang J., Choe, M.Y., Nam, S.H., Kim, Y., Park, B-K., Zheng X. & López- Martínez, J. **Explanatory text of the geological map of Barton and Weaver Peninsulas, King George Island, Antarctica.** Korea Ocean Research and Development Institute, 2002.
- Simas F.N., Schaefer, C.E.R.G., Melo, V.F., Guerra, M.B.B., Saunder, M., Gilkes, R.J. **Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (cryosols) from King George Island, Antarctica.** Clays and clay minerals, 54, 723-738, 2006.
- Simas, F.N.B., Schaefer, C.E.G.R., Melo, V.F. DE, Albuquerque-Filho, M.R., Michel, R.F, Pereira, V.V., Gomes, M.R.M. **Ornithogenic Cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process.** Geoderma, v.138, p.191-203, 2007.
- Souza, J.J.L.L., Schaefer, C.E.G.R., Abrahão, W.A.P., Mello, J.W.V., Simas, F.N.B., Silva, J., Francelino, M.R. **Hydrogeochemistry of sulfate-affected landscapes in Keller Peninsula, Maritime Antarctica.** Geomorphology 155–156 (2012) 55–61.

- Souza, K.K.D., Schaefer, C.E.G.R., Simas, F.N.B., Spinola, D.N., Paula, M.D. **Soil formation in Seymour Island, Weddell Sea, Antarctica.** *Geomorphology* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.03.047>.
- Tatur, A. **Ornithogenic soils of the Maritime Antarctic.** *Polish Polar Research* 4, 481–532, 1989.
- Yeo, J.P., Lee, J.I., Hur, S.D., Choi, B.G. **Geochemistry of volcanic rocks in Barton and Weaver peninsulas, King George Island, Antarctica: Implications for arc maturity and correlation with fossilized volcanic centers.** *Geosciences Journal*, Vol. 8, No. 1, p. 11-25, 2004.

CAPÍTULO 2

Gênese e mineralogia de solos sulfatados da Península Barton, Antártica Marítima

Daví do Vale Lopes ^a; Carlos Ernesto G. R. Schaefer ^{a*}; Felipe N.B. Simas ^a

^a Departamento de Solos, Universidade Federal de Viçosa. AV. Prof. Peter Henry Rolfs, s/n. Viçosa, MG, 36570-000, Brazil

E-mail: davi.lopes@ufv.br (D.V. Lopes), carlos.schaefer@ufv.br (C.E.G.R. Schaefer), fsimas@yahoo.com.br (F.N.B. Simas)

RESUMO

A baixa disponibilidade de água líquida na Antártica Marítima condiciona a formação de solos com baixo grau de desenvolvimento, sem diferenciação de cor ou estruturas entre horizontes, baixo teor de argila e mineralogia silicática. Os solos sulfatados destacam-se pelo relativo grau de desenvolvimento, cor rúbia e mineralogia diversificada. A Península Barton localiza-se no extremo oeste da Ilha Rei George, no Arquipélago das Shetlands do Sul, Antártica Marítima. Sua geologia apresenta basalto/andesito, diorito, granodiorito, lapilli-tuff, entre outras. Entre estas destaca-se as áreas com afloramento de andesitos piritizados, as quais apresentam potencial de oxidação de sulfetos. O objetivo deste trabalho foi analisar os processos e gênese dos solos desenvolvidos sobre influência de sulfetos na Península Barton. Solos sulfatados de duas toposequências foram descritos e analisados por seus atributos morfológicos, micromorfológicos, físicos, químicos e mineralógicos. Os solos foram classificados de acordo com a Soil Taxonomy e WRB/FAO. Solos influenciados pela oxidação de sulfeto apresentaram maiores teores de partículas finas. Registrou-se solos extremamente ácidos e com desenvolvimento pedogenético considerável se tratando das condições antárticas. Analisou-se solos com horizontes concrecionários até então desconhecidos na Antártica Marítima. Identificou-se ocorrência generalizada de óxidos de ferro (destaca-se goethita) e sulfatos (jarosita) nas áreas com solos mais desenvolvidos.

Palavras-chave: Solos Ácidos; Pedogênese; Concreções; Óxidos de Ferro.

ABSTRACT

The low availability of liquid water in the Maritime Antarctic conditions the formation of soils with low levels of development, with no color differentiation among horizons or structures, low clay content and silicates mineralogy. The sulfate soils stand out for their relative degree of development, yellow color and diverse mineralogy. The Barton Peninsula is located at the west end of King George Island in the South Shetlands archipelago, Maritime Antarctica. Its geology features basalt/andesite, diorite, granodiorite, lapilli tuff, among others. Among these we highlight areas with outcrop andesite with pyrite, which have sulphide oxidation potential. The objective of this study was to analyze the processes and genesis of soils developed on sulphide influence on Barton Peninsula. Soil sulfated two toposequences were described and analyzed for their morphological attributes, micromorphological, physical, chemical and mineralogical. The soils were classified according to Soil Taxonomy and WRB / FAO. Soils influenced by the oxidation of sulfide had higher levels of fine particles. Recorded extremely acid soils with considerable development pedogenetic, considering the Antarctic conditions. Analyzed soils with concretionary horizons hitherto unknown in the Maritime Antarctica. Identified widespread occurrence of iron oxides (goethite stands out) and sulfates (jarosite) in areas with more developed soil.

Keywords: Acids soils; Pedogenesis; Concretions; Iron oxides.

1. Introdução

A Antártica caracteriza-se como um ambiente de intemperismo químico incipiente pelas suas condições de baixa temperatura e precipitação, porém estas condições não são homogêneas. Em comparação a parte continental a Antártica Marítima é uma região de clima menos severo, apresenta temperaturas mais elevadas e maiores índices precipitação em forma líquida. Estas condições permitem o desenvolvimento de solos mais profundos, maior cobertura vegetal, e intemperismo químico mais significativo (Campbell e Claridge, 1987).

Na Antártica Marítima se encontra o arquipélago das Shetlands do Sul, sendo a Ilha Rei George a maior da região. A Península Barton (62°14'S 58°46'W) localiza-se a sudoeste da Ilha Rei George, na Baía de Maxwell. A Península possui área aproximada de 12 km², na área é comum encontrar afloramentos de rochas sulfetadas e solos derivados deste material de origem.

Os sulfetos, uma vez expostos aos agentes intempéricos, sofrem um processo de intemperismo químico por oxidação ácida. Esse processo é muito mais rápido do que hidrólise e oxidação das rochas não sulfetadas. O sulfeto mais comumente encontrado é a pirita. Com sua oxidação é liberado Fe (II) e oxidado a Fe (III). Dependendo das condições geoquímicas, o ferro férrico pode hidrolisar e precipitar em formas oxidadas, tais como a ferridrita e schwertmannita, os quais ainda poderão se converter em formas mais estáveis como goethita (Dold et al., 2013).

Na Ilha Seymour, Souza et al. (2014) registraram que os solos ácidos sulfatados são os mais desenvolvidos da área. Na Península Keller, Simas et al. (2006) relataram presença de solos ácidos, horizontes sulfúricos, minerais de argila que indicam intemperismo químico mais avançado e desestabilização de minerais primários em áreas de oxidação de sulfetos na Ilha Rei George. Na Península Barton Lee et al., (2004) trabalharam com camadas de 0 a 10 cm e sugeriram que mesmo em condições climáticas mais quentes e úmidas da Antártica Marítima, o intemperismo químico parecia ser insignificante.

A oxidação de minerais sulfetados além de propiciar maior desenvolvimento dos solos é importante fonte de nutrientes e também metais pesados (Simas et al., 2006). Poucos estudos abordam sobre solos sulfatados da Antártica (Simas et al., 2006; Souza et al., 2014). Esta pesquisa busca compreender

como se desenvolve o processo de oxidação de sulfetos nas condições antárticas e quais seus efeitos na pedogênese do ambiente periglacial. Deste modo o objetivo foi analisar os processos e gênese dos solos desenvolvidos sobre influência de sulfetos na Península Barton.

2. Material e Métodos

2.1. Área de Estudo

A Península Barton localiza-se no arco Mesozóico-Cenozóico da Ilha Rei George, Arquipélago das Shetlands do Sul. A Península compreende uma sequência do início do Terciário formado por lavas e rochas vulcanoclásticas, as quais sofreram intrusões de um maciço de granodiorito e quartzo-diorito na parte oeste (Armstrong, 1995; Yeo et al., 2004). A Formação Sejong composta por sedimentos vulcanoclásticos é mais antiga da área, a qual possui afloramentos distribuídos ao longo da costa.

A Península é composta principalmente por basalto/andesito, diorito, granodiorito e lapilli-tuff. Destaca-se as áreas com afloramento de andesito piritizado, as quais apresentam potencial de oxidação de sulfetos. A geologia dominante na Península Barton é de terrenos basalto-andesíticos (Paleoceno-Eoceno). Yeo et al. (2004) relata que no centro da península as rochas apresentam composição máfica a intermediária, identificadas como basalto a basalto andesítico. De acordo com estes mesmos autores, na Península se tem grande abrangência de rochas que possuem composição intermediária, basalto andesítico a andesito.

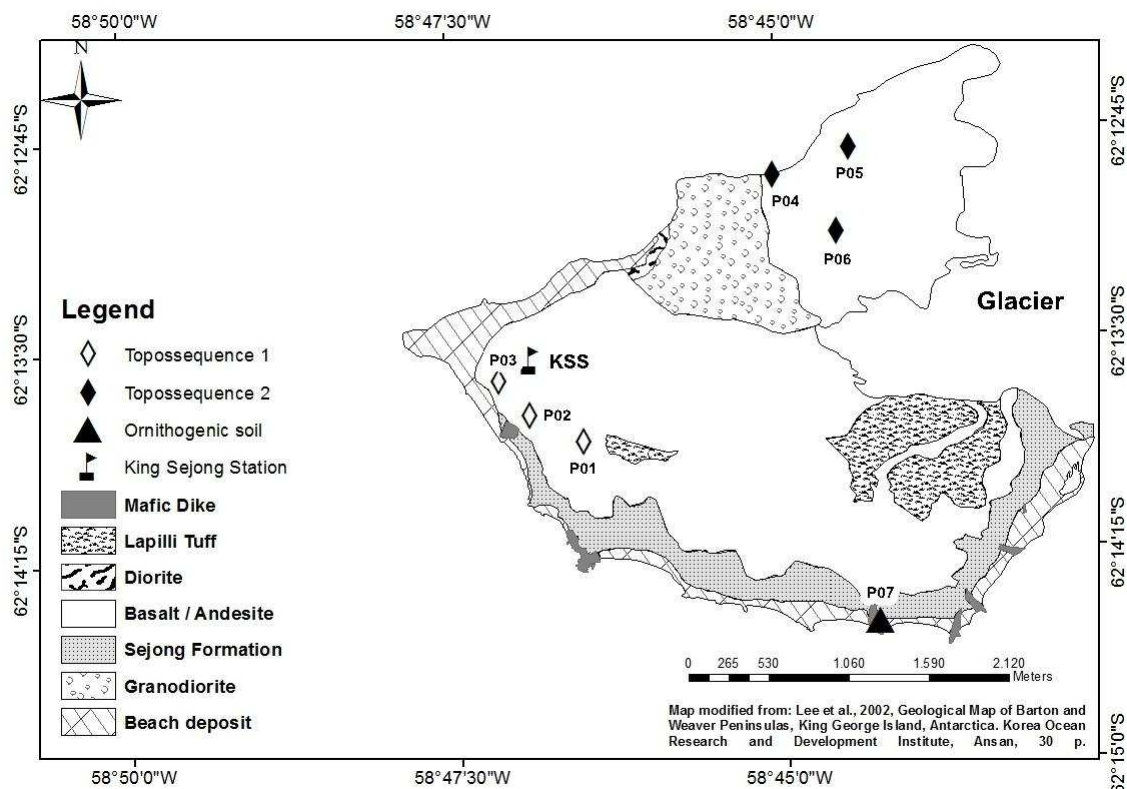


Figura 1: Mapa geológico da Península Barton representando os perfis de solos coletados.

A geomorfologia da área também apresenta diferenças importantes. As partes central e oeste da Península (área próxima a estação de pesquisa sul coreana King Sejong e dos perfis P01, P02 e P03) os vales são mais amplos e os canais de drenagem mais organizados na paisagem. Ao norte, próxima a geleira, o relevo é escarpado (área onde estão representados os perfis P04, P05 e P06). Armstrong (1995) identificou na porção norte da Península abundante associação de sulfetos com andesitos.

A faixa costeira da Península apresenta depósitos Quaternários. Em alguns locais pontuais observa-se descontinuidade devido à existência de corpos intrusivos (Figura 1). As plataformas médias e escarpas (16 - 60 metros de amplitude altimétrica) possuem área de abrangência em cima da área geológica da Formação Sejong. Sua ocorrência se dá principalmente ao sul da Península, com muitas escarpas voltadas para a Baía de Maxwell.

As plataformas mais elevadas e escarpas associadas (61 - 105 metros de amplitude altimétrica) se encontram de modo descontínuo. Sua ocorrência também se dá em cima de áreas da Formação Sejong e de localidades com corpos

plutônicos, com escarpas íngremes. Áreas de depósitos marinhos elevados (106 - 260 metros de amplitude altimétrica) coincidem com os dois principais planaltos em que ocorrem solos poligonais. Entre os picos mais elevados da Península, destaca-se Noel Hill (Baekdubong) o mais elevado. Tálus rochosos, depósitos de sopé de escarpas, também abrangem a área.

2.2. Classificação, análises químicas e físicas de solos

Os perfis foram classificados de acordo com a Soil Taxonomy (SSS, 2014) e pelo sistema de classificação World Reference Base for Soil Resources - WRB (IUSS, 2013).

Tabela 1: Localização, descrição geral e classificação dos perfis de solo.

Perfil	Altitude ¹ (m)	Posição Geográfica ²	Descrição Geral	Soil Taxonomy (WRB/FAO) ³
BP 01	148	0407728 / 3098849	Perfil coletado em planalto com solos poligonais. Observou-se que o centro do polígono apresentava maior concentração de partículas finas, as quais também eram mais comuns em profundidade em comparação a camada superficial com partículas mais grosseiras. A água chegou a minar na base do perfil. Verificou-se segregação de gelo e outros sinais de crioturbação.	Glacic psammenturbels (Glacic Turbic Cryosol)
BP 02	133	0407371 / 3099023	Perfil coletado em rampa de colúvio, a qual demonstrou-se pouco pedregosa em superfície. Ambiente bem vegetado com líquens e poucos musgos. A água chegou a minar na base do perfil, mais especificamente a partir de 73 cm. Não observou-se indícios de crioturbação em superfície, mas as irregularidades dos horizontes retratam a presença deste processo. A transição entre os horizontes Bi e Bi2 era descontínua, a diferença de cores e de conteúdo de material grosseiro era muito grande, amarelada (Bi) e amarronzada escura com material grosseiro (Bi2).	Typic psammenturbels (Haplic Turbic Cryosol)
BP 03	47	0407171 / 3099244	Perfil no terço inferior da topossequência P01, P02 e P03. Observou-se presença de concreções e vale muito dissecado. A coloração das concreções na superfície era avermelhada e em subsuperfície amarelada. O horizonte C era completamente cimentado por óxidos. Não observou-se sinais de gelo. Havia muitos líquens, os quais são mais comuns em cima das concreções e não nos solos. Não observou-se água minando no perfil, nem indícios de crioturbação.	Typic petraquepts (Leptic Petroplinthic Cambisol)
BP 04	10	0408974 / 3100616	Coleta feita na base da topossequência P04, P05 e P06. Próximo as águas da Marian Cove. Esta bacia se localiza nas proximidades de uma geleira e apresenta relevo mais escarpado. Este perfil é muito profundo e com colorações diversificadas. Notou-se presença de horizonte concrecionário. Não observou-se cobertura vegetal, nem indícios de crioturbação.	"Sulfuric" petraquepts (Orthothionic Petroplinthic Cambisol)
BP 05	83	0409476 / 3100799	Perfil coletado em um platô. A bacia apresentava coloração extremamente amarelada devido a oxidação de sulfetos. O perfil apresentava mosqueados. Observou-se contato paralítico. A área é ausente de cobertura vegetal. Tudo indica que esta bacia ficou ausente da cobertura por glaciareas em tempo mais recente, por isto se tem solos menos desenvolvidos em comparação a bacia 1. Não observou-se indícios de crioturbação.	Typic sulfaquepts (Hyperthionic Leptic Cambisol)
BP 06	160	0409394 / 3100246	Coleta feita em uma área suave ondulada na parte mais alta da topossequência P04, P05 e P06. Área extensa e representativa da parte mais elevada da bacia. Na superfície foi observado muitas rochas quebradas, porém em profundidade observou-se maior presença de partículas finas. A superfície é muito amarelada. A área se encontra abaixo de uma escarpa, parte mais alta da bacia. Não observou-se vegetação. Não observou-se água minando no perfil, nem indícios de crioturbação. Os processos erosivos nesta bacia parecem ser mais atuantes, por isto se tem um desbalanço entre erosão e pedogênese.	Typic dystrocrepts (Haplic Leptic Cambisol)

BP 07	12	0409744/ 30976941	Perfil com sinais de fosfatização. Coleta feita em uma área de terraço marinho soerguido. Observou-se muitos seixos rolados com fosfato. Apresenta em superfície pavimento pedregoso. Identificou-se descontinuidade no horizonte 2A2.	“Ornithogenic” Lithic Psammaquent (Ornithic–Lithic Leptosol)
-------	----	----------------------	--	--

1- Em relação ao nível médio do mar; 2- Coordenada UTM, fuso 21 E, Datum WGS 84; 3- O termo entre aspas indica sugestão de classificação na Soil Taxonomy.

As amostras de solo foram destorroadas, secas e passadas em peneira de 2 mm para obtenção da “terra fina seca ao ar” (TFSA). A TFSA foi submetida à separação das frações granulométricas pelo método da centrífuga (Jackson, 2005) e uso de solução de Na₂CO₃ em pH 9,5 como dispersante.

O pH, nutrientes trocáveis e textura foram determinados em amostras de TFSA (EMBRAPA, 1997). Cátions trocáveis, Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ foram extraídas com 1M KCl e P, Na e K com extrator Mehlich-1 (dupla diluição 0,05 mol/L de HCl em 0,0125 mol/L de H₂SO₄) (EMBRAPA, 1997). Os teores dos nutrientes (Ca²⁺ e Mg²⁺) e Al³⁺ nos extratos foram determinados por espectrometria de absorção atômica e emissão de chama (Na e K) e fotocolorimetria (P). O carbono orgânico total foi determinado via combustão úmida (Yeomans e Bremmer, 1998).

2.3. Análises mineralógicas

A mineralogia foi analisada no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS), em Campinas-SP. A linha utilizada foi X-ray powder diffraction (XPD), dedicada a materiais policristalinos. Utilizou-se o equipamento de difração de raios-X HUBER, no modo de operação de alta resolução com cristais analisador de Si.

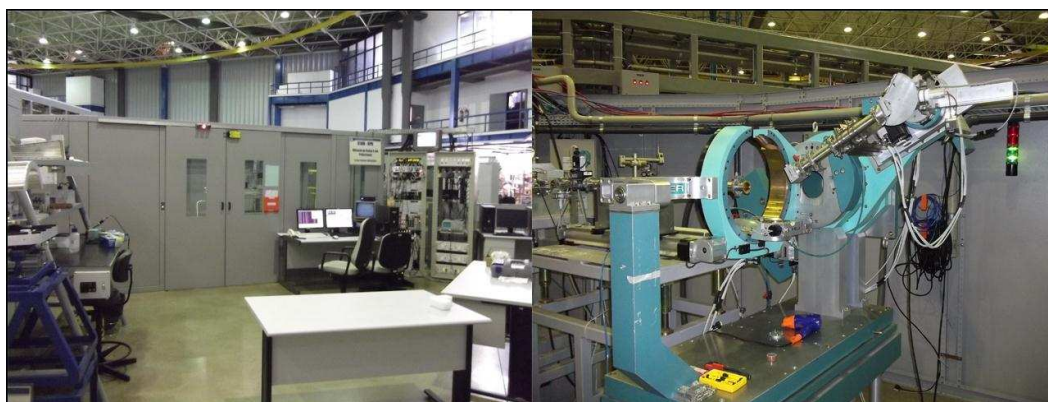


Figura 2: Linha XPD no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS) em Campinas-SP.

2.4. Fluorescência de raios-X (EDX)

Amostras de TFSA foram maceradas e passadas em peneira de 200 mesh. Separou-se uma alíquota de 0,5 gramas e montou-se pastilhas prensadas a 4 toneladas por 1 minutos. Realizou-se análises semi-quantitativas. Os dados basearam na seleção de 1200 pontos aleatórios em cada pastilha. Utilizou-se 2 amostras de referências “Soil Montana 2” e “São Joaquim”, para a criação de parâmetros fundamentais específicos, de modo a se aproximar ao máximo do tipo de matriz analisada.

2.5. Micromorfologia e microquímica

Coletou-se amostras em frascos que garantissem sua conservação, identificadas de acordo com o sentido do perfil. As amostras foram secas a 50 °C e impregnadas com resina. O bloco impregnado foi cortado em planos de 0,5 cm de espessura utilizando serra de diamante, seguido de polimento e produção de lâminas de vidro com superfície plana de 30 mm de espessura e 10 × 6 centímetros de tamanho. As feições pedológicas foram selecionadas e descritas utilizando microscópio petrográfico. Posteriormente análises microquímicas e de microscopia eletrônica foram feitas utilizando Microscópio Eletrônico de Transmissão Zeiss, EM 109 e Microscópio Eletrônico de Varredura Leo, 1430VP, acoplado a sonda de raio-X (EDS) seguindo as recomendações de Bisdorn e Ducloux (1983). Análises microquímicas foram feitas utilizando distância de trabalho entre 17 e 18 milímetros e 15 kv de tensão.

3. Resultados

3.1. Aspectos gerais: físicos e morfológicos

Cor é uma propriedade importante dos solos da Antártica, no entanto sua significância não tem sido apreciada (Campbell e Claridge, 1987). Estudos anteriores relataram na Antártica Marítima cores amareladas e cromadas dos solos associadas ao processo de oxidação de sulfetos (Simas et al., 2006; Francelino et al., 2011; Souza et al., 2014). Na Península Barton os solos sulfatados também apresentaram altos valores de cor e croma, devido às condições de oxidação de sulfetos. Estes solos também se destacaram por serem os mais profundos.

Observou-se solos muito amarelados, dominância de 10YR na maior parte dos horizontes (Tabela 2). Em quase todos os perfis, horizontes que apresentam os maiores valores de croma possuem os maiores teores de partículas finas (silte + argila), o que demonstra maior atuação da pedogênese nas áreas em que se tem maior oxidação de sulfetos. Souza et al. (2014) em estudo na Ilha Seymour e Simas et al. (2006) na Península Keller, Ilha Rei George, também registraram maior desenvolvimento dos solos em áreas sulfatadas.

Tabela 2: Caracterização física e morfológica das amostras

Horiz.	Profund.	AG	AF	Silte	Argila	S+A	Classificação textura	Cor (seco)	Croma (seco)	Nome (seco)	Cor (úmida)	Croma (úmida)	Nome (úmida)
P01 - Glacic Psammenturbels (Glacic Turbic Cryosol)													
A	0-10	41	9	35	15	50	Franco	10YR	7/3	very pale brown	7,5YR	4/3	brown
AB	10-20	35	10	42	13	55	Franco	10YR	7/3	very pale brown	7,5YR	4/4	brown
Bi1	20-75	26	11	48	15	63	Franco	10YR	7/6	yellow	10YR	4/4	dark yellowish brown
Bi2	20-75	44	11	32	13	45	Franco-Arenosa	10YR	5/4	yellowish brown	7,5YR	4/4	brown
Cr	75-78+	26	8	50	16	66	Franco-Siltosa	10YR	7/8	yellow	10YR	5/6	Yellowish brown
P02 - Typic Psammenturbels (Haplic Turbic Cryosol)													
A	0-5	48	12	22	18	40	Franco-Arenosa	10YR	7/3	very pale brown	7,5YR	3/3	dark brown
Bi1	5/10 – 15/67	36	7	19	38	57	Franco-Argilosa	10YR	7/6	yellow	10YR	5/8	Yellowish brown
Bi2	16/67 – 85	45	7	26	22	48	Franco-Argilo-Arenosa	10YR	7/4	very pale brown	10YR	4/4	dark yellowish brown
P03 - Typic Petraquepts (Leptic Petroplinthic Cambisol)													
A1	0–4/30	38	16	28	18	46	Franco-Arenosa	10YR	7/3	Yellow pale brown	7,5YR	3/3	dark brown
A2	0-14/43	39	14	34	13	47	Franco-Arenosa	10YR	6/4	light yellowish brown	7,5YR	2,5/3	very dark brown
Bi	14-28/54	24	6	36	34	70	Franco-Argilosa	10YR	8/4	very pale brown	10YR	7/8	yellow
F	28-49+	-	-	-	-	-	-	7,5YR 5YR	5/8 3/4	Strong brown dark reddish brown	-	-	-

P04 - "Sulfuric" Petraquepts (Orthothionic Petroplinthic Cambisol)													
A	0-20/29	60	14	13	13	26	Franco-Arenosa	10YR	7/4	very pale brown	10YR	4/6	dark yellowish brown
B	20/29-36/40	89	4	3	4	7	Areia	5YR	5/6	yellowish red	2.5YR	2,5/3	dark reddish brown
F	36/40-90/94	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2Bi1	90/94-130	69	6	13	12	25	Franco-Arenosa	10YR	8/3	Yellow pale brown	10YR	4/6	dark yellowish brown
2Bi2	130-140/165	13	41	27	19	46	Franco-Arenosa	Gley 1	8/10Y	light greenish gray	Gley 1	7/10Y	light greenish gray
2Bi3	140/165-220+	40	29	14	17	31	Franco-Arenosa	2,5YR 10YR	8/4 8/4	pale yellow very pale brown	5Y 10YR	7/3 4/6	pale yellow dark yellowish brown
P05 - Typic Sulfaquepts (Hyperthionic Leptic Cambisol)													
A	0-10	46	17	18	19	37	Franco-Arenosa	10YR	6/8	yellow	10YR	5/6	Yellowish brown
Bi	10-25	31	10	29	30	59	Franco-Argilosa	10YR 10YR	7/8 8/6	yellow Yellow	10YR 10YR	5/8 7/6	Yellowish brown yellow
P06 - Typic Dystrocryepts (Haplic Leptic Cambisol)													
A	0-5/7	33	19	26	22	48	Franco-Argilo-Arenosa	10YR	8/4	very pale brown	10YR	5/6	Yellowish brown
Bi1	5/7-22/52+	45	11	22	22	44	Franco-Argilo-Arenosa	10YR	8/6	yellow	10YR	5/8	Yellowish brown
Bi2	21-33	51	17	17	15	32	Franco-Arenosa	10YR	8/4	very pale brown	10YR	3/4	dark yellowish brown
Bi3	33-51+	64	8	10	18	28	Franco-Arenosa	10YR	7/6	yellow	10YR	5/8	Yellowish brown
P07 - "Ornithogenic" Lithic Psammaquent (Ornithic Lithic Leptosol)													
AC	0-10	56	17	16	11	27	Franco-Arenosa	5 Y	5/2	Olive gray	-	-	-
C1	10-30	29	27	34	10	44	Franco-Arenosa	5Y	6/3	Light olivegray	-	-	-
2A2	30-32	43	20	28	9	37	Franco-Arenosa	5Y	6/2	Light olivegray	-	-	-
C2	32-40	23	7	44	26	70	Franco	5Y	6/3	Light olivegray	-	-	-

AG=Areia grossa; AF=Areia fina; S+A= Silte+Argila; Os perfis foram classificados pela Soil Taxonomy e entre parênteses classificação pela WRB/FAO.

Existem duas situações distintas em relação aos solos sulfatados da Península Barton. A primeira em relação aos solos desenvolvidos de basalto a basalto andesítico e outra em relação aos solos desenvolvidos de basalto andesítico a andesito. No primeiro caso se tem um ambiente com maior equilíbrio entre o

balanço de acidez e alcalinidade. Por sua vez o segundo grupo tem uma condição do meio mais ácido e com maior mobilidade de metais. Identificou-se solos com horizontes ácidos, thionic (IUSS, 2014) ou sulfuric (SSS, 2014).

3.2. Grupos de solos analisados

Com ênfase nas áreas com maior atuação de intemperismo químico e baseado nas características morfológicas, físicas, químicas e mineralógicas, três principais grupos de solos foram identificados na Península Barton: solos sulfatados, solos ácidos sulfatados e solos ornitogênicos.

3.2.1. Solos sulfatados

Os solos da topossequência (P01, P02 e P03) são desenvolvidos de basalto a basalto andesítico. Observou-se que estes perfis apresentam pH próximo a neutralidade, baixo teor de carbono orgânico e altos valores de alumínio. O perfil P01 foi o único a apresentar valores elevados de bases trocáveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) (Tabela 3).

Tabela 3: Análises químicas das amostras de solos sulfatados da Península Barton.

Perfil	pH	P	K	Na	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	t	T	V	m	CO	P-Rem
	H ₂ O	mg.dm-3			cmolc.dm-3							%	dag.Kg-1		mg.L-1
P01 - Glacic Psammenturbels (Glastic Turbic Cryosol)															
A	6,19	28,6	73	135,3	10,31	9,01	0,3	4	20,1	20,4	24,1	83,4	1,5	0,52	29,7
AB	6,58	25,4	73	125,2	13,45	9,93	0,1	2,8	24,11	24,21	26,91	89,6	0,4	0,26	29
Bi	5,71	12,6	57	111,1	16,56	9,48	1,8	5,6	26,67	28,47	32,27	82,6	6,3	0,26	13,7
Bi 2	6,49	38,5	77	115,1	12,65	5,98	0	3,5	19,33	19,33	22,83	84,7	0	0,65	25,9
Cr	5,06	22	47	107,1	20,82	9,31	2,1	6,1	30,72	32,82	36,82	83,4	6,4	0,26	18,9
P02 - Typic Psammenturbels (Haplic Turbic Cryosol)															
A	4,97	10,7	33	74,8	2,75	0,89	7,4	12,5	4,05	11,45	16,55	24,5	64,6	1,29	9,5
Bi1	4,56	4,4	17	34,5	4,28	0,6	9,6	15,2	5,07	14,67	20,27	25	65,4	0,52	10,1
Bi 2	4,46	14,3	13	30,5	7,03	0,82	9,3	15	8,02	17,32	23,02	34,8	53,7	0,13	8,9
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03 - Typic Petraquepts (Leptic Petroplinthic Cambisol)															
A1	5,99	302,2	63	159,4	3,27	1,16	1,7	8,9	5,28	6,98	14,18	37,2	24,4	1,94	13
A2	6,08	180,9	73	24,5	4,22	1,9	0,5	6,8	6,41	6,91	13,21	48,5	7,2	1,42	16,1
Bi	5,52	72,3	11	28,5	3	1,05	2,2	5,6	4,2	6,4	9,8	42,9	34,4	0,13	41,6
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P04 - "Sulfuric" Petraquepts (Orthothionic Petroplinthic Cambisol)															
A	4,25	10,7	13	70,8	2,62	0,14	5,1	9,2	3,1	8,2	12,3	25,2	62,2	0,13	11,6
Bi	3,99	2,9	3	26,5	2,79	0,12	2,7	7,8	3,03	5,73	10,83	28	47,1	0,13	20,7
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2Bi1	3,9	18,8	13	54,7	2,99	0,13	4,8	9,7	3,39	8,19	13,09	25,9	58,6	0,26	16,6
2Bi2	3,55	80,3	7	14,4	2,58	0,14	5,1	9,2	2,8	7,9	12	23,3	64,6	0,13	17
2Bi3	3,3	82,8	0	14,4	2,67	0,16	3,5	10,6	2,89	6,39	13,49	21,4	54,8	0,13	8
P05 - Typic Sulfaquepts (Hyperthionic Leptic Cambisol)															
A	3,21	5,1	1	32,5	3,26	0,38	6,9	15,5	3,78	10,68	19,28	19,6	64,6	0,26	10,8
Bi	3,1	11	0	34,5	3,4	0,32	6,6	12,4	3,87	10,47	16,27	23,8	63	0,9	7,4
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P06 - Typic Dystrocrepts (Haplic Leptic Cambisol)															
A	5,44	6,6	35	78,8	3,1	0,81	1,7	4	4,34	6,04	8,34	52	28,1	0,13	27,4
Bi1	4,64	7,3	13	26,5	2,77	0,39	2,6	6,3	3,31	5,91	9,61	34,4	44	0,26	14,6
Bi2	5,49	9,8	27	99	3,96	0,87	0,4	3,5	5,33	5,73	8,83	60,4	7	0,26	22,5
Bi3	4,68	7,1	13	36,5	0,48	0,55	1,5	4,8	1,22	2,72	6,02	20,3	55,1	0,13	23,8
P07 - "Ornithogenic" Lithic Psammaquent (Ornithic Lithic Leptosol)															
AC	5,6	554,3	147	179,5	4,1	0,9	0,4	9	6,2	6,6	15,2	40,8	5,9	0,5	24,4
C1	6,0	1298,7	216	159,7	8,6	1,5	0,1	9,7	11,4	11,5	21,1	53,9	0,9	2,0	22,7
2A2	3,8	197	155	94,4	0,5	0,1	3,8	25,6	1,4	5,2	27,0	5,2	72,9	2,7	22,7
C2	4,1	278,7	236	165,7	2,5	0,7	2,2	27	4,6	6,7	31,6	14,4	32,1	4,8	26,3
CR3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Os perfis foram classificados pela Soil Taxonomy e entre parênteses classificação pela WRB/FAO.

SB- Soma de bases; t- Capacidade de troca catiônica efetiva; T- Capacidade de troca catiônica potencial; V- Saturação por bases; m- Saturação por Alumínio; CO- Carbono orgânico total; P – Fósforo remanescente.

O perfil P01 encontra-se localizado em planalto com ocorrência de solos poligonais. Registrou-se padrão da superfície com círculos de pedra. As fronteiras das superfícies poligonais são marcadas por bordas levantadas composto de pedras angulares. O centro apresenta-se mais vegetado por líquenes. Foi classificado na ordem de Gelisols (SSS, 2014), possui permafrost a cerca de 75 cm de

profundidade e presença de material gelic. Em grande-grupo se encaixa como Psammoturbels, apresenta menos de 35% (por volume) de fragmentos de rocha. Classificou-se como Glacic Psammoturbels (SSS, 2014), apresenta camada de gelo (glacic) e cimentação por gelo. Pelo sistema WRB/FAO classificou-se como Glacic Turbic Cryosol (IUSS, 2014).

Em superfície se tem fragmentos rochosos orientados, os horizontes são descontínuos e irregulares (Figura 3). Isto se deve ao efeito da crioturbação, movimento do solo causado pela ação do congelamento, sendo tido como o principal processo pedológico em áreas afetadas por permafrost (Bockheim e Tarnocai, 1998).

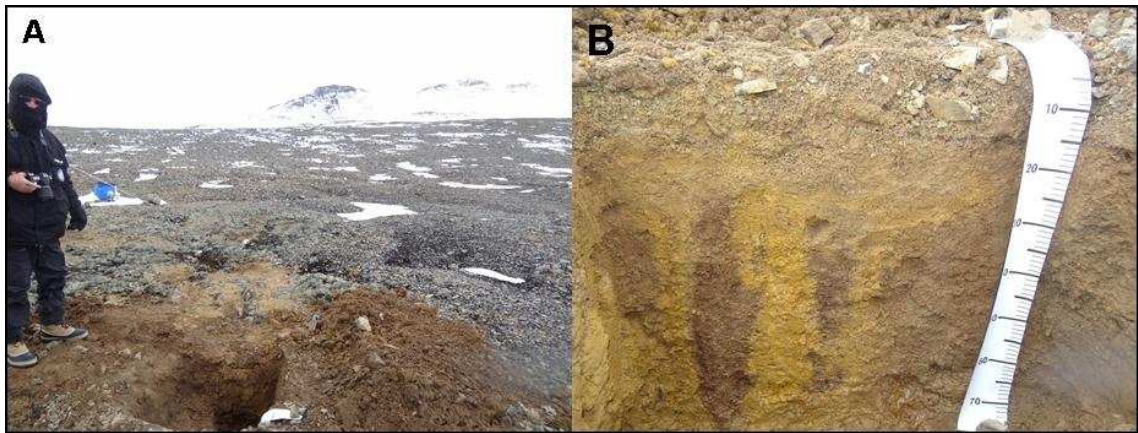


Figura 3: Representação da paisagem com padrão de superfície e perfil de solo sulfatado da Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 148m. Localização UTM: 21 E 0407728 / 3098849.

A) Paisagem – planalto com solos poligonais. B) P01 - Glacic Psammoturbels (SSS, 2014) ou Glacic Turbic Cryosol (IUSS, 2014).

Além da saturação de bases, a área do perfil 01 também apresentou os valores mais elevados de micronutrientes como Cu, Mn e Zn (Figura 4). A composição mais básica das rochas desta área é responsável pela maior fertilidade. Esta condição aliada a maior presença de água é favorável à existência de líquens na topossequência (P01, P02 e P03) em comparação a topossequência (P04, P05 e P06).

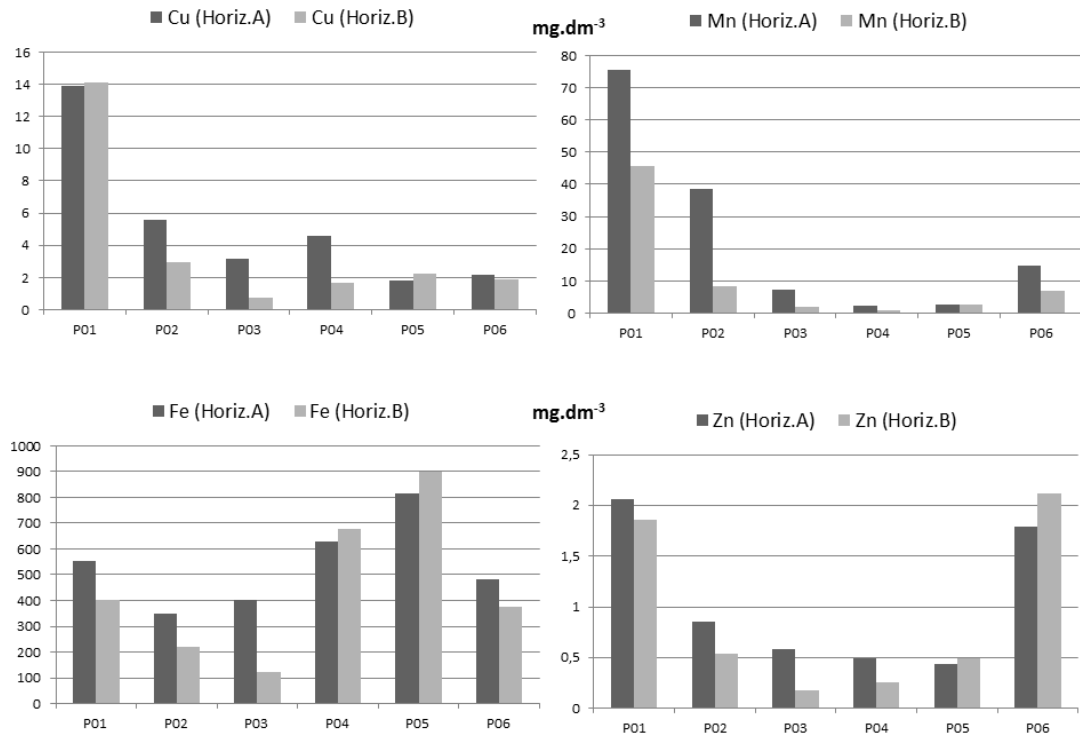


Figura 4: Valores médios de micronutrientes e metais nos horizontes A e B de acordo com os perfis analisados na Península Barton.

O perfil P02 (Figura 5) foi classificado como Gelisols (SSS, 2014). Registraram-se vários indícios de crioturbação, como horizontes descontínuos e irregulares. Bockheim e Tarnocai (1998) apresentaram que a crioturbação ocorre normalmente em regiões afetadas por permafrost, mas também pode ocorrer em outras zonas. Classificou-se como Typic psammoturbels (SSS, 2014). Pelo sistema WRB/FAO classificou-se como Haplic Turbic Cryosol (IUSS, 2014).

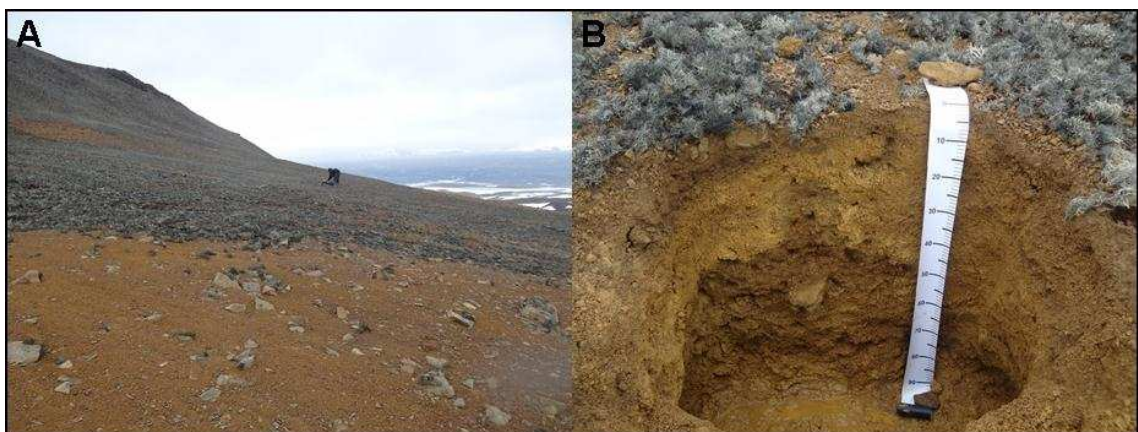


Figura 5: Representação da paisagem no terço médio da topossequência (P01, P02 e P03) e perfil de solo sulfatado da Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 133m. Localização UTM: 21 E 0407371 / 3099023. A) Paisagem – relevo ondulado. B) P02 - Typic psammoturbels (Soil Taxonomy).

Na parte inferior da topossequência (P01, P02 e P03) identificou-se perfil com horizonte concrecionário (Figura 6). Classificou-se como Typic petraquepts (SSS, 2014) e como Leptic Petroplinthic Cambisol (IUSS, 2014). Apresenta contato lítico dentro de 50 cm e horizonte B incipiente. Este perfil (P03) não foi classificado como contendo horizonte sulfuric devido ao pH próximo a neutralidade. Registrou-se camada contínua de concreção situada entre 28 – 49 cm de profundidade.

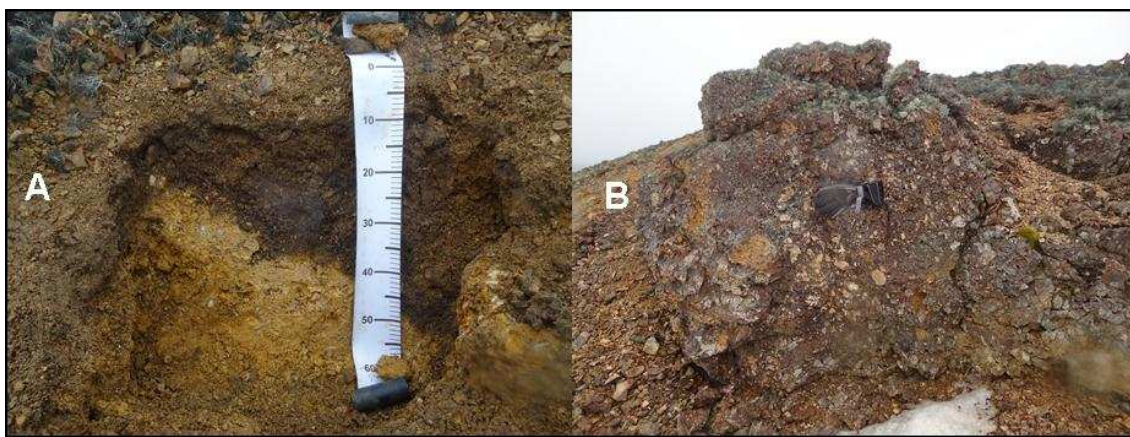


Figura 6: Representação do perfil e de uma concreção na parte inferior da topossequência (P01, P02 e P03), Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 47m. Localização UTM: 21 E 0407171 / 3099244. A) Typic petraquepts (Soil Taxonomy). B) Concreção.

Simas et al. (2006) identificaram minerais como jarosita, ferridrita e caulinita em solos sulfatados na Península Keller, o que demonstra maior desenvolvimento da pedogênese nestas áreas. Souza et al. (2014) na Ilha Seymour também registraram natrojarosita, jarosita, alunita entre outros, nas áreas com os solos mais desenvolvidos da ilha. Na Península Barton, os dados da caracterização mineralógica revelaram que os solos sulfatados demonstram considerável grau de desenvolvimento pedogenético. Destaca-se a ocorrência generalizada de óxidos de ferro, como a goethita e sulfatos como jarosita e natrojarosita. A jarosita, mineral amarelado, possui ocorrência comum em áreas de solos ácidos (Biggam e Nordstrom, 2000).

Identificou-se goethita (2,12; 2,22; 2,44; 2,46; 2,55; 3,10 Å) em todos os horizontes. Também registrou-se minerais que indicam baixo grau de intemperismo, como por exemplo, clorita (2,89; 3,56; 7,36 Å). A mineralogia não

demonstrou grande diferença entre os horizontes Bi e Bi2. Ainda foram identificados montmorilonita (2,59; 8,67; 12,28; 12,30 Å), magnetita (1,44; 1,49; 1,64 Å), pirita (1,64; 1,98; 2,22 2,24; 2,41 Å), jarosita (3,08; 3,10; 3,18; 5,90 Å) e natrojarosita (2,77; 2,78; 3,07; 5,42 Å) (Figura 7).

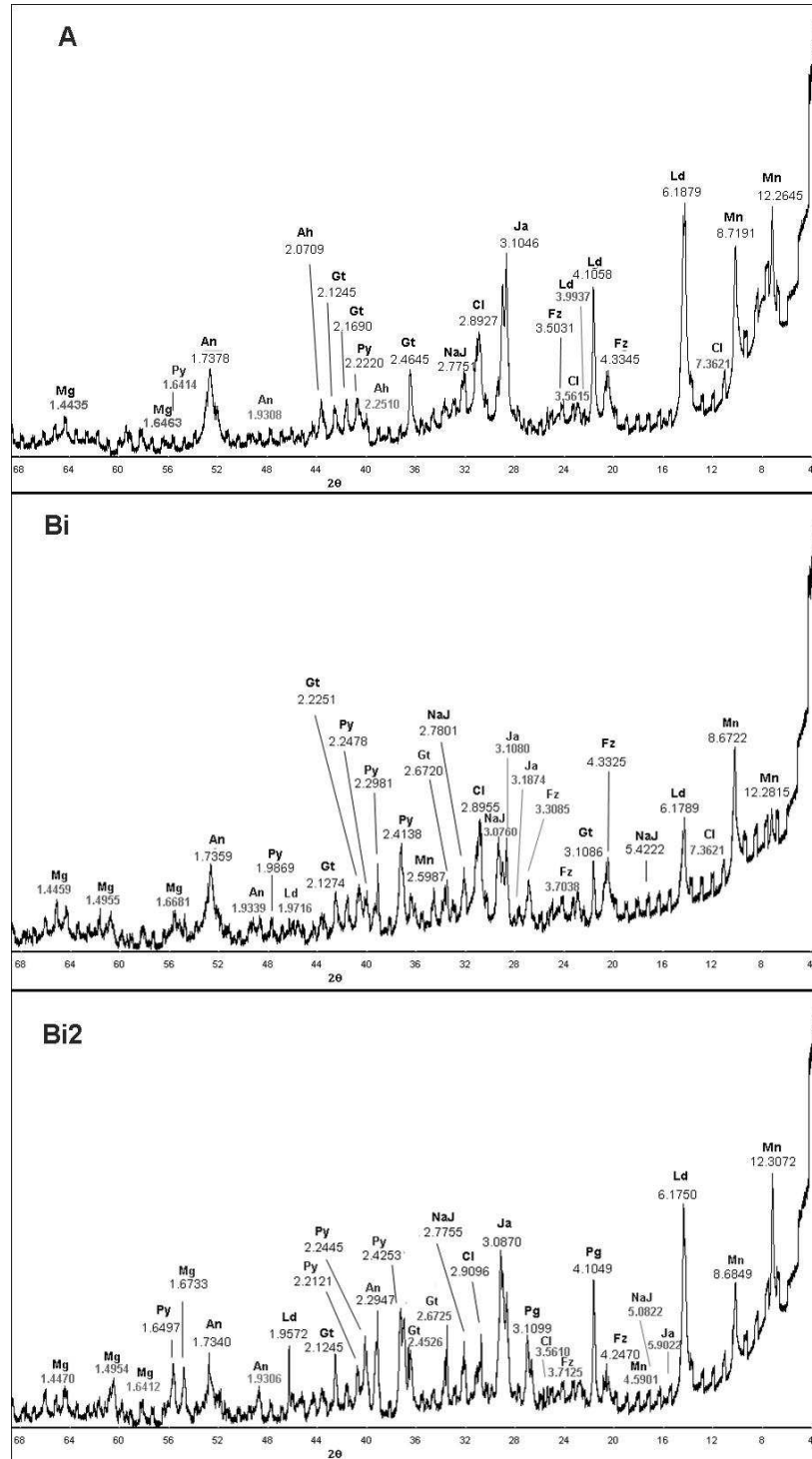


Figura 7: DRX da fração argila do perfil P02 representativo de solo sulfatado desenvolvido de basalto a basalto andesítico na Península Barton. An=Alunita, Ah=Anidrita, Cl=Clorita. Fz=Feldspato, Gt=Goethita, Ja=Jarosita, Ld=Lepidocrocita, Mg=Magnetita, Mn=Montmorilonita, NaJ=Natrojarosita, Pg=Plagioclásio, Py=Pirita.

As análises micromorfológicas e microquímicas demonstram alta concentração de ferro nas áreas sulfatadas (Figura 9). Grande parte deste ferro é originário da pirita, sua desestabilização oferece produtos necessários para a formação de compostos de ferro e alumínio (Bigham e Nordstrom, 2000). Na Península Barton, identificou-se presença de nódulos ricos em ferro (Figura 8). Sua gênese relaciona-se a desestabilização dos minerais primários, liberação do ferro e concentração em formas de nódulos. Registrou-se teores FeO superior a 50% (Tabela 4). Também observou-se grãos de aluminossilicatos, teores de SiO₂ com 54% e Al₂O₃ com 22%.

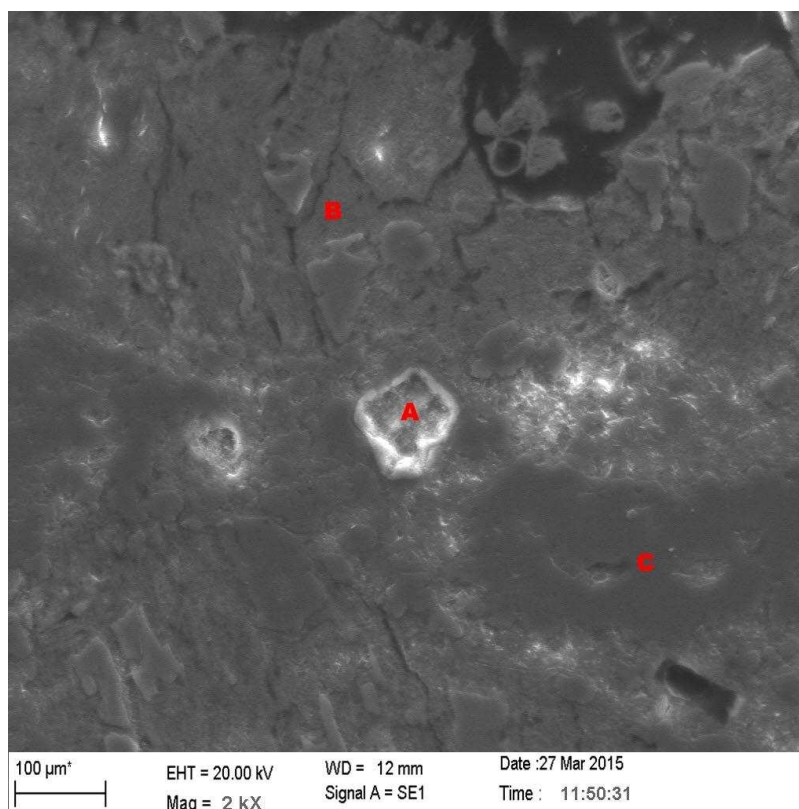


Figura 8: Fotomicrografia de solo sulfatado (Perfil P02), Península Barton, Antártica Marítima.
A – Nóculo ferruginoso. B- Grão (Al, Si e Fe). C- Aluminossilicato.

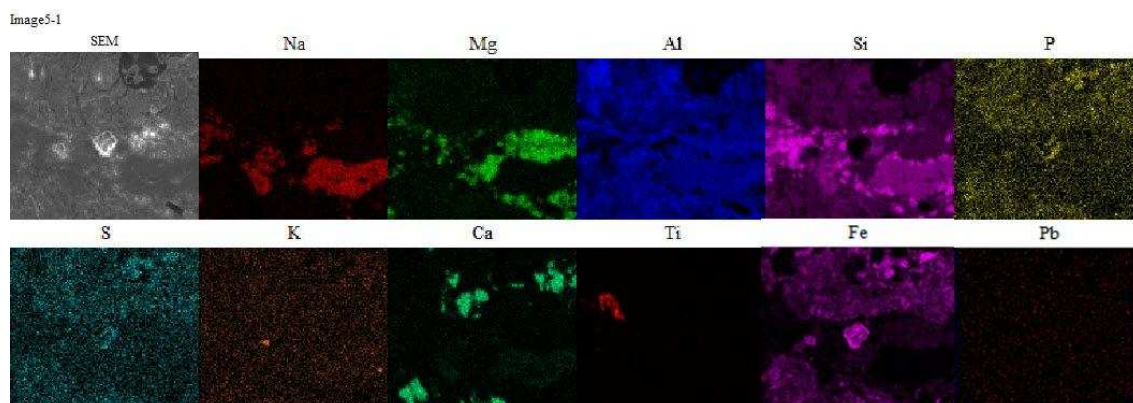


Figura 9: Microimagens e mapas microquímicos selecionados de estruturas do perfil P02, representando a formação de minerais secundários em área de solos sulfatados, Península Barton, Antártica Marítima.

Tabela 4: Análises microquímicas das feições selecionadas, perfil P02, Península Barton.

Zona micropedológica		Al ₂ O ₃	CaO	FeO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	PbO	P ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Total
Nódulo ferruginoso	Média	25,93	0,64	51,88	0,12	1,30	0,35	1,60	0,71	15,28	1,00	0,12	98,92
	DesvP	16,06	0,15	10,32	0,06	0,16	0,24	0,29	0,23	7,00	0,05	0,05	
Grão (Al, Si e Fe)	Média	29,78	2,56	33,95	0,10	1,12	0,40	1,59	1,10	26,91	0,78	0,16	98,45
	DesvP	11,14	3,36	7,47	0,08	0,55	0,17	0,44	0,43	13,53	0,51	0,07	
Grão de Aluminossilicato	Média	22,75	0,41	6,03	0,09	9,62	3,67	0,91	0,02	54,83	0,00	0,08	98,40
	DesvP	6,62	0,27	4,86	0,00	7,74	5,62	0,09	0,03	10,18	0,00	0,00	

3.2.2. Solos ácidos sulfatados

Na topossequência (P04, P05 e P06), área de ocorrência de solos desenvolvidos de basalto andesítico a andesito foram identificados solos com horizonte sulfúrico (Tabela 3). No geral os solos são pobres em carbono orgânico, distróficos, apresentam alta saturação por alumínio e ácidos. Nesta topossequência também identificou-se solos concrecionários na parte de menor altitude.

O perfil P04 (Figura 10) foi classificado como “*Sulfuric*” petraquepts (SSS, 2014) e Orthothionic Petroplinthic Cambisol (IUSS, 2014). Devido ao pH inferior a 4 sugere-se que este solo apresente horizonte classificado como sulfuric. Registrou-se contato lítico dentro de 50 cm. Observou-se camada de concreção contínua e irreversível na profundidade aproximada de 38 – 92cm.



Figura 10: Representação do perfil e das concreções na parte inferior da topossequência (P04, P05 e P06), Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 10m. Localização UTM: 21 E 0408974 / 3100616. A) Paisagem representativa do local de coleta do perfil. B) “*Sulfuric*” petraquepts (Soil Taxonomy).

Devido ao processo de oxidação de sulfetos ser mais severo na área da topossequência (P04, P05 e P06), o perfil P04 apresenta maiores teores de metais como Fe, Ti, Co e Zn (Tabela 5). Estas áreas apresentam maior mobilidade de metais devido a acidez. Na comparação das topossequências, observa-se que os maiores valores de ferro também foram registrados nesta área. A maior presença de veios sulfetados e o pH ácido, favorecem a mobilização do Fe.

Tabela 5: Teores elementares utilizando Fluorescência de raios-X em solos da Península Barton.

Horiz.	Al	Ca	Fe	K	Mg	Na	Si	Ti	Co	Cu	Ni	V	Zn	S
mg/Kg														
P01 - Glacic psammenturbels (Glastic Turbic Cryosol)														
A	9.16	3.01	7.91	0.46	2.19	1.52	25.76	0.55	20.27	204.31	7.57	126.12	77.42	0.04
AB														
Bi	9.12	2.28	8.37	0.56	2.26	1.04	25.03	0.53	23.66	220.88	12.59	123.27	82.83	0.03
Bi 2	9.44	3.44	9.00	0.46	2.06	1.71	24.89	0.62	26.87	220.60	10.86	136.63	86.60	0.04
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P02 - Typic psammenturbels (Haplic Turbic Cryosol)														
A	10.90	1.41	7.72	1.33	1.63	1.49	26.24	0.59	23.51	188.38	13.82	136.36	108.92	0.15
Bi1	12.01	0.87	7.94	2.54	0.98	1.09	25.49	0.58	24.83	201.93	24.95	138.44	95.55	0.25
Bi 2	10.88	1.12	8.97	0.72	1.76	1.22	25.72	0.51	28.72	221.85	11.01	114.78	132.01	0.16
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P03 - Typic petraquepts (Leptic Petroplinthic Cambisol)														
A1	9.15	2.21	7.46	0.98	1.21	0.71	22.35	0.78	23.99	125.00	3.75	165.48	66.77	0.27
A2	8.75	3.01	7.54	0.76	1.28	0.28	22.73	0.87	24.84	126.82	20.80	176.80	97.43	0.17
Bi	13.58	0.13	3.27	0.67	0.64	1.18	31.44	0.49	12.18	91.86	16.79	167.51	160.77	0.06
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P04 - "Sulfuric" petraquepts (Orthothionic Petroplinthic Cambisol)														
A	9.24	1.27	8.76	1.47	1.33	0.97	26.52	0.59	30.31	169.65	0.00	138.68	91.35	0.34
Bi	6.52	1.97	25.52	0.97	0.81	2.49	23.76	0.90	94.05	453.84	45.62	188.91	231.79	0.74
F	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2Bi1	9.46	1.13	8.35	1.34	0.98	1.52	25.79	0.54	30.22	152.71	17.59	133.57	71.49	0.47
2Bi2	14.10	0.54	4.78	1.65	0.57	1.39	29.27	0.63	17.81	102.80	17.78	157.31	30.68	0.31
2Bi3	10.59	0.37	8.47	2.28	0.17	1.16	24.80	0.33	31.26	143.00	9.93	121.45	72.23	1.22
P05 - Typic sulfaquepts (Hyperthionic Leptic Cambisol)														
A	10.00	1.30	9.42	1.72	0.72	0.91	27.49	0.80	35.43	159.51	0.00	183.02	68.41	0.93
Bi	11.01	0.59	4.31	1.33	0.38	1.10	26.13	0.74	16.35	92.84	12.35	183.47	81.65	2.52
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P06 - Typic dystrocryepts (Haplic Leptic Cambisol)														
A	9.74	1.13	6.43	3.05	0.52	1.44	31.58	0.74	23.72	106.88	10.50	159.48	66.08	0.05
Bi1	9.79	0.47	9.08	3.21	0.37	1.85	28.55	0.83	34.40	139.36	9.98	169.88	61.44	0.05
Bi2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bi3	9.45	0.74	10.01	2.79	0.36	1.82	27.76	0.90	38.24	172.49	7.57	183.07	98.24	0.03

Os perfis foram classificados pela Soil Taxonomy e entre parênteses classificação pela WRB/FAO.

A pirita (FeS_2 cúbica) e a pirrotita são duas das principais fontes de sulfetos ferrosos. Sua decomposição é essencial para se obter condições e produtos necessários para a formação de compostos de ferro e alumínio, incluindo minerais hidroxissulfato (Bigam e Nordstrom, 2000). Na Península Barton o sulfeto é a pirita. A partir dos resultados da fluorescência de raios-X (Tabela 5) observou-se distinção entre as duas topossequências estudadas. As amostras da topossequência

(P04, P05 e P06) apresentam maiores teores de Fe e S, sendo resultado da maior presença de veios sulfetados nesta área.

O horizonte Bi do perfil P04 apresentou os maiores teores de metais. Este perfil foi desenvolvido em cima de um horizonte concrecionário, por isto os dados demonstram acúmulo de metais. De todo conjunto amostral, os elementos Fe, Ti, Cu e Ni, possuem os maiores teores registrados neste horizonte (Figura 11).

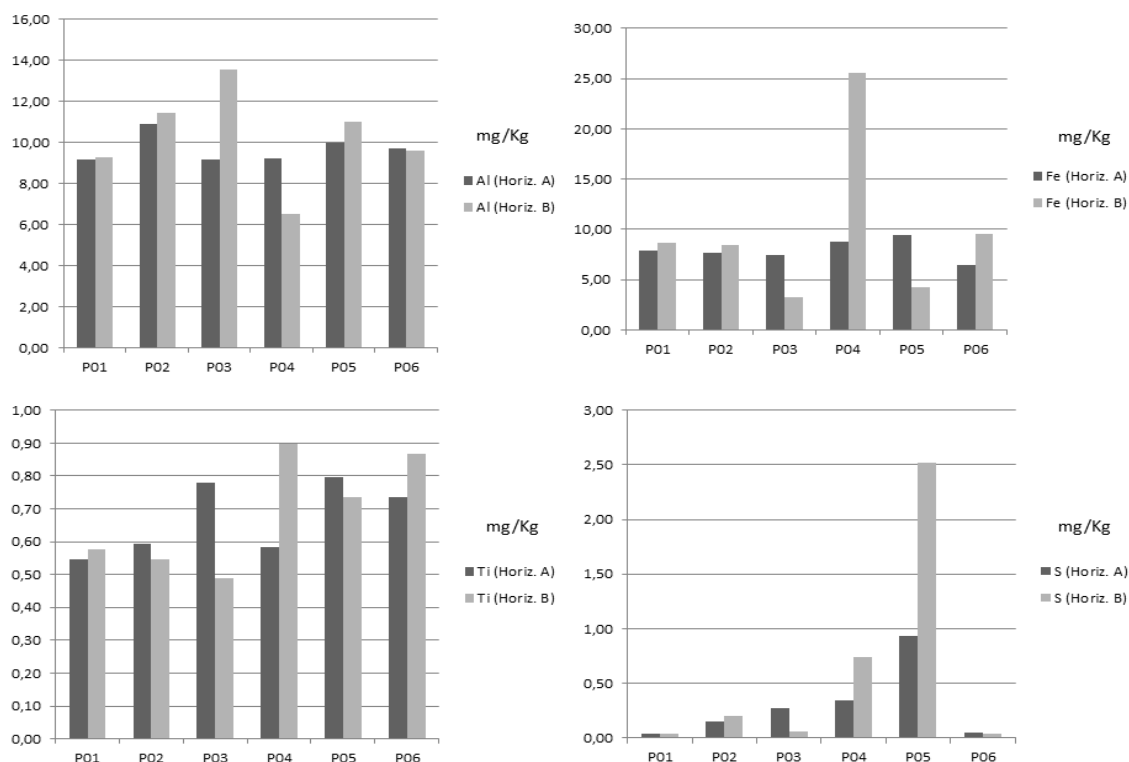


Figura 11: Resultados da fluorescência de raios-X para os horizontes A e B de acordo com os perfis analisados.

O perfil P05 (Figura 12) foi coletado em área mal drenada, sendo classificado como Typic sulfaquepts (SSS, 2014) e Hyperthionic Leptic Cambisol (IUSS, 2014). Apresenta horizonte sulfuric (pH entre 3,5 e 4,0) dentro de 50 cm, devido ao ácido sulfúrico formado por oxidação de sulfetos. Esta condição ácida favorece a alta saturação por alumínio observada neste perfil (superior a 60%) (Tabela 4).

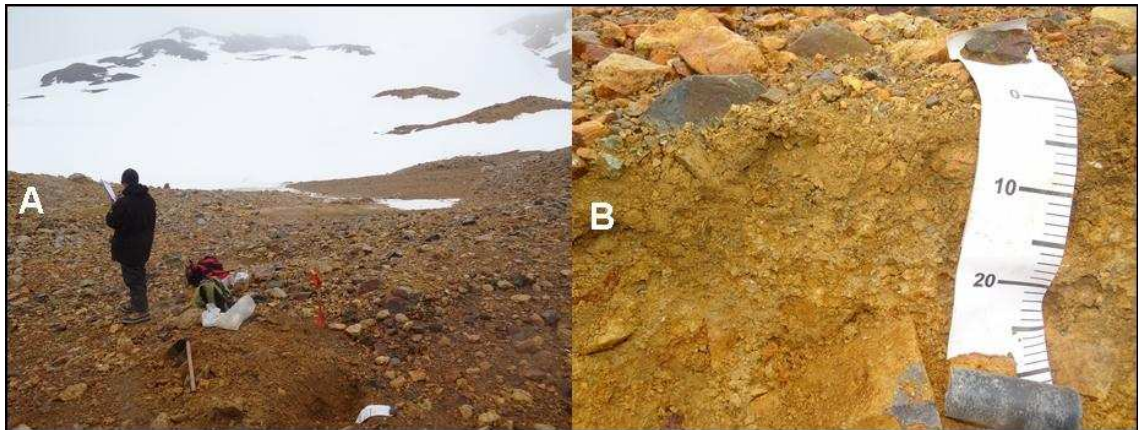


Figura 12: Representação da paisagem no terço médio da bacia 2 e perfil de solo sulfatado da Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 83m. Localização UTM: 21 E 0409476 / 3100799. A) Paisagem – relevo suave ondulado. B) P05 - Typic sulfaquepts (Soil Taxonomy).

O perfil P06 (Figura 13) localiza-se na parte superior da topossequência (P04, P05 e P06). Classificou-se como Typic dystrocryepts (SSS, 2014) e como Haplic Leptic Cambisol (IUSS, 2014). Observou-se que embora a superfície seja pedregosa, em profundidade se tem aumento do número de partículas finas (silte + argila).

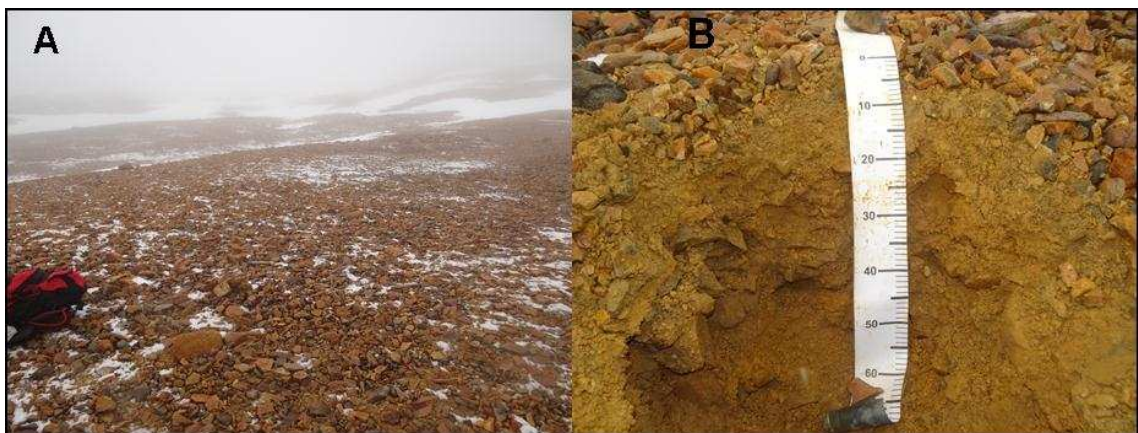


Figura 13: Representação da paisagem na parte superior da topossequência (P04, P05 e P06) e perfil de solo sulfatado da Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 161m. Localização UTM: 21 E 0409394 / 3100246. A) Paisagem – relevo suave ondulado. B) P06 - Typic dystrocryepts (Soil Taxonomy).

Mesmo estando situada em uma área com menor tempo de formação (devido à cobertura por glaciares), a caracterização mineralógica das amostras da topossequência (P04, P05 e P06) não demonstrou muitas diferenças em comparação a topossequência (P01, P02 e P03). Ambas registraram minerais secundários que retratam forte ação do intemperismo químico, influenciado

principalmente pelo ambiente ácido. Os valores de pH extremamente ácidos favorecem a desestabilização de minerais primários em formas mais estáveis. Áreas com ácido sulfúrico podem favorecer a produção de uma série de minerais insolúveis hidróxidos e oxihidróxicos que tendem a se precipitar durante a oxidação, hidrólise e neutralização (Bigham e Nordstrom, 2000).

No perfil P05 (Figura 14) identificou-se goethita (2,21; 2,42; 2,61 Å). Não registrou-se Jarosita, somente Natrojarosita (2,76; 3,06; 3,12; 5,98 Å). Também registrou-se minerais que indicam baixo grau de intemperismo, como por exemplo, clorita (1,56; 2,82; 7,98 Å). Ainda foram identificados feldspato (3,72; 3,95; 3,96; 6,23; 6,60 Å), magnetita (1,44; 1,60; 2,90; 2,97 Å), pirita (1,64; 1,89; 2,25 Å). Maghemita, não registrada na topossequência P01, P02 e P03 foi identificada no perfil P05 com picos 1,46; 1,62; 2,46; 2,58 Å.

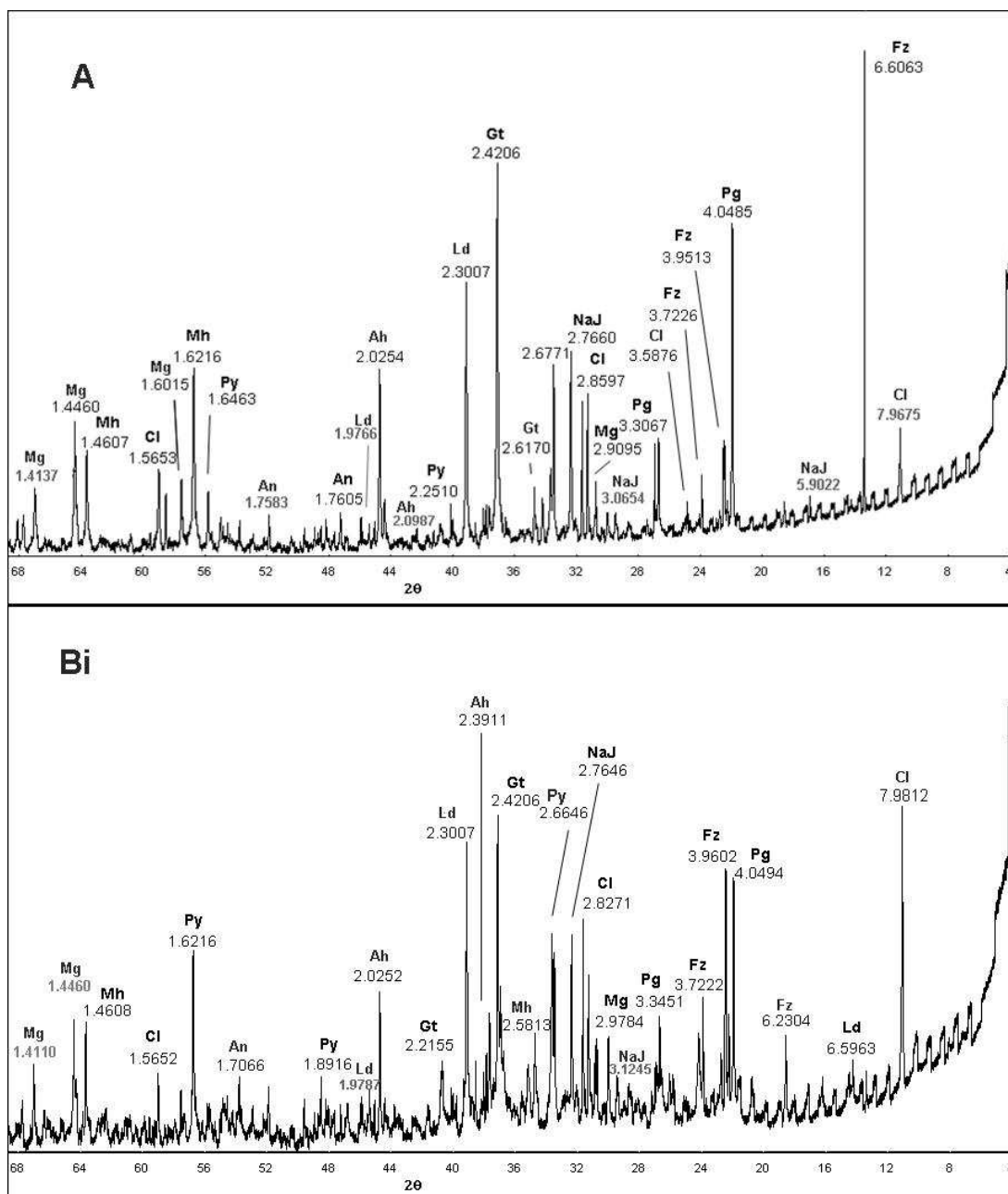


Figura 14: DRX da fração argila do perfil P05 representativo de solo ácido sulfatado na Península Barton. An=Alunita, Ah=Anidrita, Cl=Clorita. Fz=Feldspato, Gt=Goethita, Ld=Lepidocrocita, Mg=Magnetita, Mh=Maghemita, NaJ=Natrojarosita, Pg=Plagioclásio, Py=Pirita.

A caracterização micromorfológica e microquímica das concreções, desenvolvidas dos solos ácidos sulfatados da Península Barton, registraram que sua composição é basicamente de ferro (Figura 15). Registrou-se teor de ferro equivalente a 73% de FeO. Ao observar os mapas microquímicos de cada elemento (Figura 16), destaca-se presença de Fe, Al e S. Identificou-se a existência de capeamento nas concreções. Neste material sobressai a presença de alumínio, com teor de 51% de Al_2O_3 e enxofre com teor de 19% de SO_3 (Tabela 6).

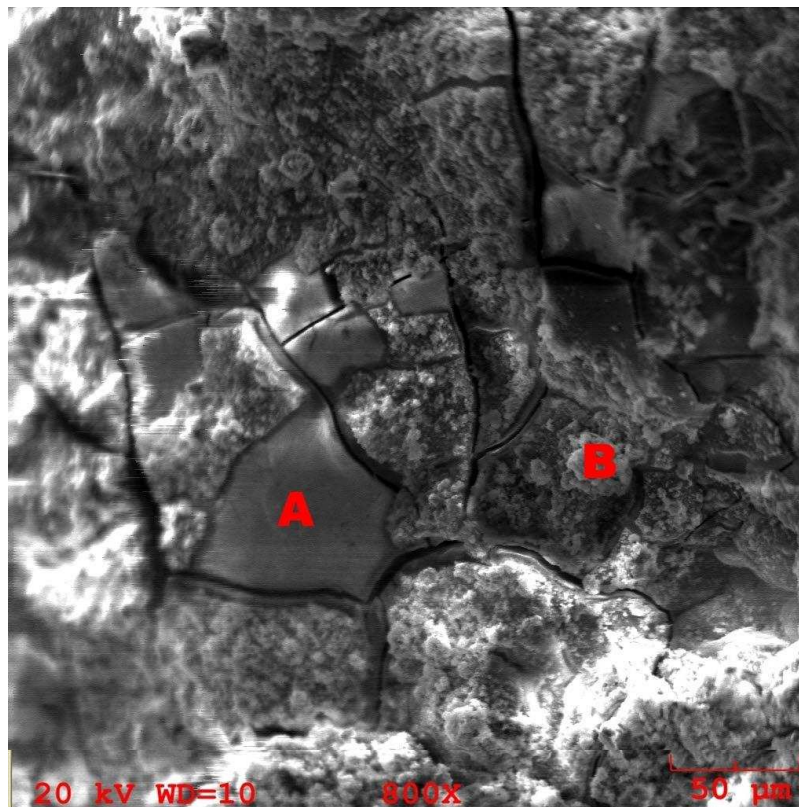


Figura 15: Fotomicrografia de uma concreção (Perfil P04), Península Barton, Antártica Marítima. A – Concreção ferruginosa. B- Capeamento das concreções com material iluvial.

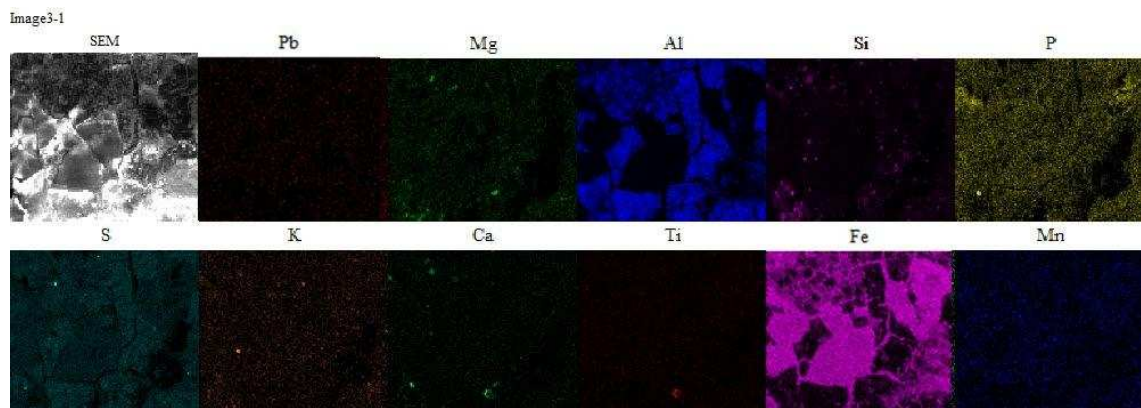


Figura 16: Microimagens e mapas microquímicos selecionados de uma concreção (P04), Península Barton, Antártica Marítima.

Tabela 6: Análises microquímicas das feições selecionadas de uma concreção da Península Barton, Antártica Marítima

Zona micropedológica		Al ₂ O ₃	CaO	FeO	K ₂ O	MgO	MnO	PbO	P ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Total
Concreção ferruginosa	Média	7,17	0,13	73,73	0,08	0,83	0,03	1,33	2,03	2,03	8,87	0,07	96,31
	DesvP	0,67	0,06	1,47	0,03	0,06	0,01	0,68	0,29	0,29	0,78	0,04	
Capeamento com Al, S e Fe	Média	51,97	0,23	13,10	0,37	0,90	0,07	1,14	1,80	1,80	19,47	0,09	90,93
	DesvP	5,85	0,15	1,61	0,25	0,30	0,02	0,07	0,26	0,26	2,04	0,02	

3.2.3. Solos ornitogênicos

Além dos solos sulfatados, os solos ornitogênicos também estão entre os mais desenvolvidos da Península Barton. Estes são identificados por várias características, tais como presença de cobertura vegetal contínua, pH tendendo a ácido, presença de bases trocáveis, alto valor P, Al trocável, carbono orgânico e N total (Tatur e Myrcha, 1993).

Na Península Barton, o perfil P07 (Figura 17) possui elevados teores de partículas finas (silte + argila), chegou a apresentar cerca de 70% (Tabela 2). Registrou-se altos teores de carbono orgânico, fósforo, potássio e cálcio (Tabela 3). Solos ornitogênicos são importantes fontes de nutrientes nos ambientes costeiros da Antártica (Tatur, 1989). Os valores de P chegaram a superar 1200 mg.dm^{-3} . Estudos anteriores na Antártica contabilizaram valores ainda mais elevados de P em áreas de pinguineira ativa (Souza et al., 2013; Simas et al., 2007). Devido a estas condições estas áreas apresentam maior crescimento da vegetação (Simas et al., 2007). O pH em subsuperfície chegou a 3,8, sendo consequência da decomposição do guano. Este ambiente ácido favorece o maior desenvolvimento destes solos.



Figura 17: Representação da paisagem no local de coleta do perfil de solo ornitogênico P07 na Península Barton, Antártica Marítima. Altitude: 12 m. Localização UTM 0409744/30976941. A) Paisagem – Terraço marinho soerguido. B) P07 - “Ornithogenic” *Lithic Psammaquent* (*Ornithic–Lithic Leptosol*).

Em áreas de solos ornitogênicos a mobilidade e iluviação do P acarreta em processos típicos de solos com fosfatização, os quais tendem a apresentar

neoformação de fosfatos secundários, tais como taranakita, minyulita e leucophosphita (Simas et al., 2007). A acidez gerada pela decomposição do guano favorece o intemperismo químico e corrosão dos minerais. As análises micromorfológicas e microquímicas demonstraram degradação mineralógica nas amostras de solos ornitogênicos da Península Barton (Figura 18). Também observou-se fosfatos de Fe/Al iluvial, favorecendo a gênese de fosfatos secundários. Estas formas de P ligadas a Fe podem ser favoráveis a formação da vivianita. Comparando grãos mineralógicos preservados e corroídos, identificou-se que os grãos corroídos apresentam maiores teores de metais, 6% de FeO, 11% de PbO e 2% de TiO₂ (Tabela 7).

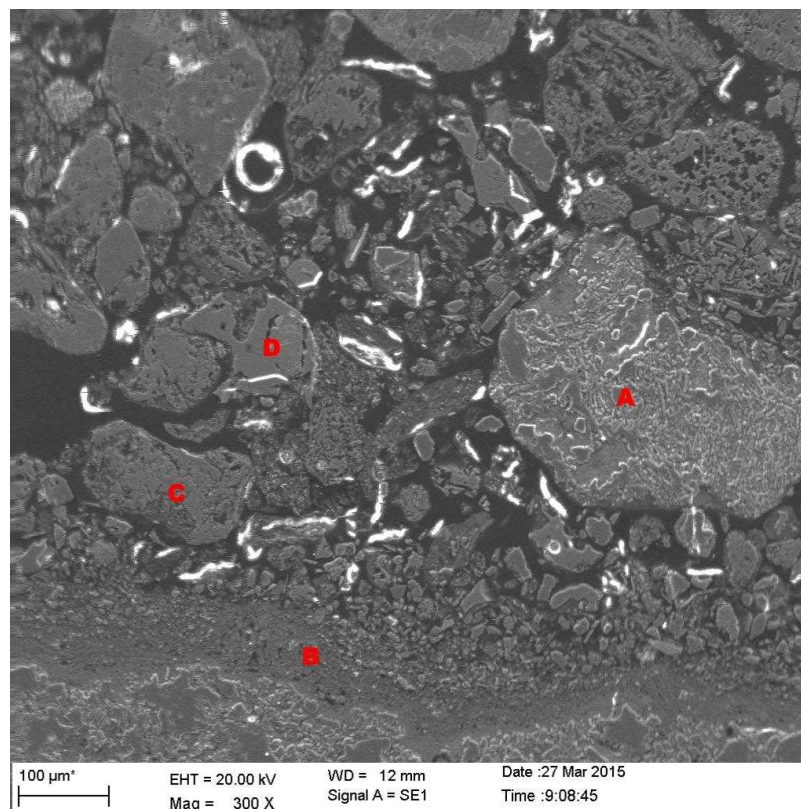


Figura 18: Fotomicrografia de solo ornitogênico (Perfil P07), Península Barton, Antártica Marítima.

A – Material silicatado corroído. B- Fosfatização iluvial. C- Grão (Si, Al e Ca) corroído. D- Grão (Si, Al e Ca) preservado.

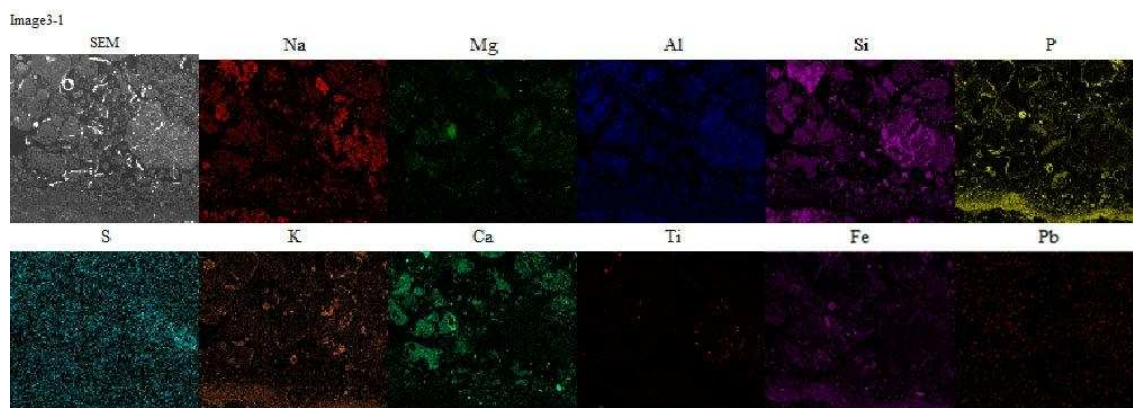


Figura 19: Microimagens e mapas microquímicos selecionados de estruturas corroídas pela acidez e áreas com acúmulo de fosfato iluvial. Amostra da Península Barton, Antártica Marítima.

Tabela 7: Análises microquímicas das feições selecionadas

Zona micropedológica		Al ₂ O ₃	CaO	FeO	K ₂ O	MgO	Na ₂ O	PbO	P ₂ O ₅	SiO ₂	SO ₃	TiO ₂	Total
Material silicatado corroído	Média	20,67	0,75	4,48	4,01	3,65	1,54	1,45	3,54	56,91	0,51	0,85	98,36
	DesvP	6,89	0,53	3,00	4,88	4,17	1,62	0,17	3,10	14,20	0,40	0,61	
Fosfatização iluvial	Média	14,03	0,42	24,54	6,68	0,73	0,88	1,46	28,57	15,91	0,13	0,57	93,94
	DesvP	2,49	0,01	4,76	1,43	0,03	0,62	0,28	6,35	9,73	0,05	0,22	
Grão (Si, Al e Ca) corroído	Média	15,15	13,55	6,98	1,77	4,95	3,88	11,53	0,37	34,39	0,00	2,23	94,81
	DesvP	7,91	2,43	4,49	2,06	3,94	0,70	17,90	0,59	23,23	0,00	1,56	
Grão (Si, Al e Ca) preservado	Média	16,02	10,33	6,95	1,37	4,07	4,73	1,40	4,43	47,30	0,08	0,98	97,64
	DesvP	6,18	7,41	6,72	2,07	5,38	3,60	0,66	8,83	14,18	0,13	1,17	

4. Discussão

4.1. Intemperismo químico na Península Barton

Os solos mais desenvolvidos da Península Barton são produtos da acidez gerada por duas frentes distintas, as quais envolvem os processos pedogenéticos de sulfuração e fosfatização. A profundidade dos solos, os elevados teores de partículas finas e composição mineralógica demonstram que estes solos apresentam considerável grau de intemperismo químico, referindo-se às condições antárticas.

Baseando-se no pH, nas áreas sulfatadas observou-se distinção entre os solos: grupo dos “solos sulfatados” (pH próximo a neutralidade) e grupo dos “solos ácidos sulfatados”. O grupo dos solos sulfatados da Península Barton, correspondem a topossequência (P01, P02 e P03). Nesta área foram registrados solos com pH próximo a neutralidade. Normalmente esta condição de pH é favorecida pela presença de carbonatos, bases trocáveis e silicatos facilmente intemperizáveis (Dent, 1986). No caso da Península Barton não registrou-se presença de carbonatos. Sugere-se que esta condição de pH na área também sofra

influência significativa de sais, os quais são de difícil identificação por apresentar alta solubilidade.

Na topossequência (P04, P05 e P06) identificou-se ambiente extremamente ácido. Foram registrados valores de pH inferior a 4,0, coloração amarelada e presença de minerais como jarosita, natrojarosita e goethita. A princípio se esperaria solos mais desenvolvidos nesta área, porém o maior desenvolvimento da pedogênese ocorre na topossequência (P01, P02 e P03). Isto pode ser visto pelos maiores teores de partículas finas (Tabela 2).

O fator tempo de exposição é importante para compreensão da diferença dos ambientes sulfatados da Península Barton. Devido a maior distância da geleira existente na área, sugere-se que os solos da topossequência (P01, P02 e P03) tiveram mais tempo de formação, em comparação a área dos solos ácidos sulfatados, situada em área paraglacial de recuo recente da geleira. Os vales na área da topossequência (P01, P02 e P03) são mais desenvolvidos, observou-se que os canais de drenagem são mais organizados. Outro fator que merece ser destacado é que o balanço entre erosão e pedogênese é mais desequilibrado na topossequência (P04, P05 e P06), área em que o relevo possui maior grau de inclinação.

De acordo com o mapa geológico a área da topossequência (P04, P05 e P06) apresenta maior ocorrência de veios sulfetados, o que pode ajudar a compreender o ambiente ácido. As rochas são caracterizadas como basalto andesítico a andesito. Na Península Barton registrou-se solos extremamente ácidos e com elevados valores de Al trocável (P02, P04 e P05). Estes valores são maiores do que os apresentados por estudos anteriores com solos sulfatados na Antártica (Simas et al., 2008; Souza et al., 2014) (Tabela 8).

Tabela 8: Valores de pH de solos ácidos sulfatados da Antártica Marítima.

Dados	Local	Id do perfil	Horiz.	Profund. (cm)	pH	Soil Taxonomy / WRB-FAO
Simas et al., 2008	Península Keller, Ilha Rei George	K24-SH	AC	0-20	5.0	Sulphuric Haploturbel
Simas et al., 2008	Península Keller, Ilha Rei George	K24-SH	C	20-60	4.4	Sulphuric Haploturbel
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P4	Aj	0-5	5.0	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic” Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P4	Cj1	35-40	3.2	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic” Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P4	Cj2	40-55	3.1	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic” Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P4	Cj3	55-88	3.5	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic” Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P7	Cj	8-38	3.6	Sulfuric Aquiturbel/ Oxyaquic-Gelic Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P18	Cfj2	55/60-100	3.3	Sulfuric Aquorthel/ “Thionic”-Haplic Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P19	Cj1	30/35-55/60	3.3	“Sulfuric” Haploturbel/ “Thionic”-Turbi Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P20	Cjf2	25/60-100	3.6	“Sulfuric” Haploturbel /“Thionic”-Turbi Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P21	Crj1	50/55-70/75	3.7	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic”-Salic Cryosol
Souza et al., 2014	Ilha Seymour	P21	Crjf2	70/75-120	3.0	“Sulfuric” Anhyorthel/ “Thionic”-Salic Cryosol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P04	Bi	20/29-36/40	3.99	“Sulfuric” petraquepts / Orthothionic Petroplinthic Cambisol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P04	2Bi1	90/94-130	3,9	“Sulfuric” petraquepts / Orthothionic Petroplinthic Cambisol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P04	2Bi2	130-140/165	3,55	“Sulfuric” petraquepts / Orthothionic Petroplinthic Cambisol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P04	2Bi3	140/165-220+	3,3	“Sulfuric” petraquepts / Orthothionic Petroplinthic Cambisol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P05	A	0-10	3,21	Typic sulfaquepts / Hyperthionic Leptic Cambisol
Presente estudo	Península Barton, Ilha Rei George	P05	Bi	10-25	3,1	Typic sulfaquepts / Hyperthionic Leptic Cambisol

Referindo-se ao intemperismo químico, além dos solos sulfatados, os solos ornitogênicos merecem atenção especial. Registrou-se solos profundos e com altos teores de partículas de fina em áreas de fosfatização na Península Barton. Estes solos apresentam altos teores de bases trocáveis e de fósforo. O perfil P07 chegou a apresentar 1200 mg.dm^{-3} de P. Este perfil também apresenta valores de Na e K muito superiores aos demais perfis analisados. Na Ilha Seymour, Souza et al. (2013) também identificou solos ornitogênicos em terraços marinhos com altos teores P e bases trocáveis, principalmente Na e K. A caracterização micromorfológica dos solos da Península Barton demonstrou que o processo de fosfatização favorece a alteração mineralógica e o desenvolvimento dos solos.

Ao contrário do que Lee et al. (2004) registraram na Península Barton, o presente estudo aborda que alguns solos da área apresentam considerável grau de intemperismo químico, considerando as condições antárticas. Em destaque os solos sulfatados e ornitogênicos, os quais merecem ser analisados isoladamente devido as suas características completamente distintas dos demais solos. A profundidade, desenvolvimento e mineralogia dos solos sulfatados retratam que a atuação da pedogênese é considerável, sendo influenciada principalmente pelo ambiente ácido gerado pelo processo de sulfurização e fosfatização.

4.2. Gênese dos solos concrecionários na Antártica Marítima

Laterita é tida como um material intemperizado, rico óxidos de ferro e alumínio secundários. Sua formação está associada a condições de umedecimento e secagem. O interesse no estudo deste material está na busca por melhor entendimento sobre climas pretéritos (Alexander e Cady, 1962). Horizontes petroplínticos são caracterizados como camada contínua, concrecionária em que o Fe (e/ou Mn) é o agente cimentante. Apresenta coloração avermelhada, amarelada ou marrom e possui endurecimento irreversível (IUSS, 2014). São comuns em ambientes tropicais quentes e úmidos, tendo como característica intrínseca a formação de uma zona de endurecimento com concentração de ferro (Muller e Bocquiere, 1986; Alexander e Cady, 1962)

Estas formações são comuns em ambientes tropicais, porém, o presente estudo identificou e analisou solos com horizontes concrecionários na Antártica, até então desconhecidos. A existência de concreções em ambientes polares não é

comum. No caso da Antártica uma combinação de fatores permitiu esta gênese na Península Barton. No local as condições de formação, estão ligadas exclusivamente a áreas de oxidação de sulfetos.

O processo de oxidação gera um ambiente ácido, o qual libera íons metálicos para o meio. A mobilidade destes íons nos canais de drenagem, associado a maior disponibilidade de água em forma líquida (Antártica Marítima) é fundamental para formar concreções neste ambiente. A presença de água propicia a redução do Fe, tornando-o móvel, esta condição favorece o transporte e posterior concentração. O fator salinidade é importante nesta gênese, pois a maior influencia do spray marinho próximo à costa favorece a precipitação dos íons metálicos (Figura 14).

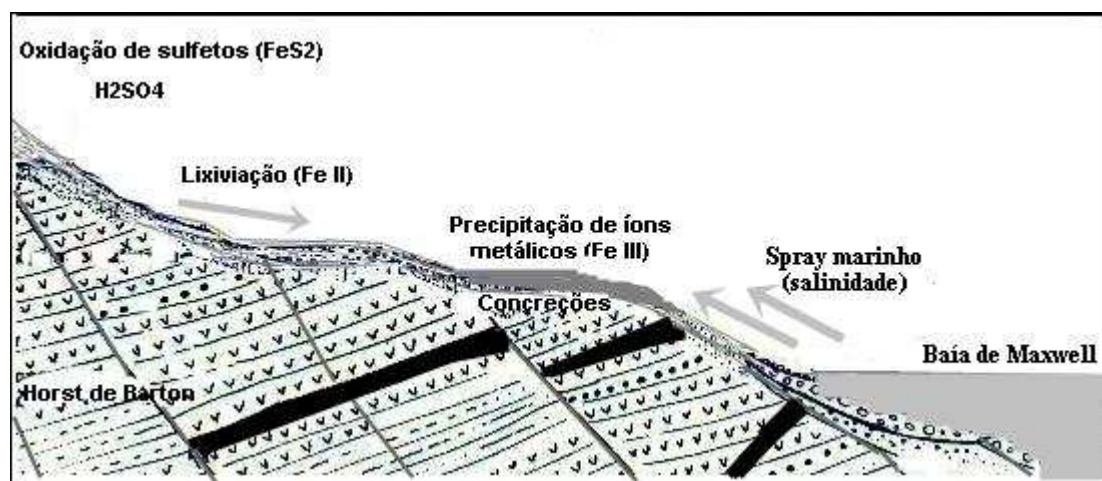


Figura 20: Bloco diagrama representando os processos que dão origem às concreções ferruginosas da Península Barton, Antártica Marítima.

A princípio com a oxidação de sulfeto se tem formação de ácido sulfúrico e desestabilização mineralógica. Posteriormente o Fe (II) é liberado e lixiviado nas condições mais úmidas da Antártica Marítima. Finalmente se tem a precipitação como Fe (III) por influencia do spray marinho nas áreas próximas à costa.

As informações micromorfológicas e microquímicas propiciaram maior entendimento sobre a composição deste material. Destaca-se que as concreções da Península Barton são essencialmente ferruginosas, chegou-se a registrar teores superiores a 70% de FeO (Tabela 6). Ressalta-se que principalmente nos poros observou teores elevados de metais como Pb e Ti. As análises microquímicas sugerem existência de alumínio e enxofre capeando as concreções. A partir das observações de campo registrou-se algumas concreções amareladas e outras

avermelhadas, retratando este capeamento (Figura 21). Esta diferença na coloração dos nódulos e concreções é comum, em alguns casos ainda podem ter coloração escura (IUSS, 2014).



Figura 21: Representação das diferentes colorações de concreções ferruginosas encontradas na Península Barton, Antártica Marítima. (1- Concreção amarelada; 2- Concreção avermelhada).

Em condições de oxidação se tem favorecimento a formação da plintita que com a retirada do lençol freático, apresentam endurecimento em formas concrecionárias (IUSS, 2014). Em campo observou-se existência de canais de drenagem próximo as áreas onde foram encontradas as concreções. Sugere-se que a mobilidade destes canais também favoreceu o processo de gênese deste material, com ciclos de umedecimento e secagem. Na Península Barton, nas duas topossequências estudadas identificou-se concreções nos perfis de menor altitude (P03 e P04). Isto sugere que o fator salinidade é determinante para precipitação do Fe nestas áreas. Nas áreas onde ocorrem drenagem ácida observou-se maior quantidade de concreções, pois a acidez severa libera e mobiliza maior quantidade de íons metálicos.

5. Conclusões

Pequenas diferenças na composição do material de origem exercem influencias significativas nos solos da Península Barton. Além do material de origem o fator tempo é importante para entender a diferença no desenvolvimento dos solos sulfatados da área.

As principais propriedades influenciadas pelo processo de oxidação de sulfetos foram cor, textura, pH e mineralogia. No geral a caracterização

mineralógica dos solos sulfatados da Península Barton demonstrou homogeneidade, destacando-se a presença generalizada de sulfatos (jarosita e natrojarosita) e óxidos (goethita).

Identificou-se solos com horizontes petroplínticos e sulfúrico, ligados diretamente ao processo de oxidação de sulfetos. Ressalta-se que solos com horizontes petroplínticos eram até então desconhecidos na Antártica Marítima.

Considerando as condições antárticas, conclui-se que a Península Barton apresenta intemperismo químico significativo em áreas de solos sulfatados e ornitogênicos. Destaca-se que o avanço do intemperismo químico é mais severo nos solos ácidos sulfatados.

Agradecimentos

Agradecemos o apoio do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa, TERRANTAR, INCT da Criosfera, ao financiamento da FAPEMIG e ao LNLS em Campinas-SP pelas análises na linha XPD. Agradecemos também a hospitalidade na estação de pesquisa sul-coreana "*King Sejong*", todos os colegas de convívio na estação, coreanos, portugueses, chilenos, em especial os companheiros de trabalho Davi Feital Gjorup e João Luíz Lani pela amizade e auxílio durante as coletas. Finalmente, os autores agradecem os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

Referências

- Acero, P.; Carlos, A.; Clara, T. Nieto, J-M. **The behavior of trace elements during schwertmannite precipitation and subsequent transformation into goethite and jarosita.** *Geochimica et cosmochimica acta*, v.70, p.4130-4139. 2006.
- Alexander, T.L. e Cady, J.G. **Genesis and hardening of laterite in soils.** Washington, D.C., Soil Conservation Service, United States Department of Agriculture, 1962. 90p.
- Armstrong, D.C. **Acid sulphate alteration hydrothermal environment, King George Island, in a magmatic Barton Peninsula, Antarctica.** *Mineralogical Magazine*, September 1995, Vol. 59, pp. 429-441.
- Bisdorf, E.B.A., Ducloux, J., 1983. **Submicroscopic studies of soils.** *Developments in Soil Science*, 12. Elsevier, Amsterdam (356 pp.).
- Blume, H.P., Chen, J., Kalk, E. and Kuhn, D. **Mineralogy and weathering of Antarctic Cryosols.** Pp.415-426 in: *Cryosols - Permafrost Affected Soils* (J.Kimble, editor). Springer-Verlag, Berlin. 2004.
- Bockheim, J.G. **Properties and Classification of Cold Desert Soils from Antarctica.** *Soil Sci. Soc. Am. J.* 61, 224–231. 1997.
- Bockheim, J.G., Tarnocai, C. **Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils.** *Geoderma* 81, 281–293. 1998.
- Bockheim, J.G.; Gennadiyev, A.N.; Hartemink, A.E.; e Brevik, E.C. **Soil-forming factors and Soil Taxonomy.** *Geoderma* 226–227 (2014) 231–237.
- Campbell, I.B and Claridge, G.G.C. **Antarctica: Soils, Weathering Processes and Environment.** Elsevier, Amsterdam, 368 pp. 1987.
- Dent, D. **Acid Sulfate Soils: a baseline for research and development**, ILRI Publ., No. 39, International Institute for Land Reclamation and Improvement, Wageningen, The Netherlands, 1986.
- Francelino, M.; Schaefer, C.E.G.R.; Simas, F.N.B.; Fernandes Filho, E.I.; Souza, J.J.L.L. & Costa, L.M. **Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica.** *Catena*, 85:194-204, 2011.
- French, H.M. **The periglacial environment/** Hugh French. – 3rd ed. ISBN: 978-0-470-86588-0. 478 p. March 2007.
- Hawkes, D. D. **The geology of the South Shetland Islands I: The petrology of King George Island.** *Falkland Islands Dependencies Survey*, n. 26. 1961.
- Jackson, M. L. **Soil Chemical Analysis: Advanced Course.** Madison: University of Wisconsin - Madison Libraries, 2005.
- Kampf, N., Schwertmann, U. **The 5M-NaOH concentration treatment for iron oxides in soils.** *Clays and Clay minerals*, v.30, p.401-408. 1982.
- Krauskopf, K.B. **Introduction to geochemistry.** (2nd ed). McGraw-Hill, New York, 1979.
- Kronberg, B.I., Nesbitt, H.W., Fyfe, W.S. **Mobilities of alkalis, alkaline earths and halogens during weathering.** *Chemical Geology*, 60, 41-49, 1987.
- Kumplainen, S., Carlson, L. and Räisänen, M.L. **Seasonal variations of ochreous precipitates in mine effluents in Finland.** *Applied Geochemistry*, 22, 760-777, 2007.

- Latrille, C., Elsass, F., van Oort, F., Denaix, L. **Physical speciation of trace metals in Fe–Mn concretions from a rendzic lithosol developed on Sinemurian limestones France.** *Geoderma*, 100. 127 – 146.
- Lee, Y.I., Lim, H.S., Yoon, H.I. **Geochemistry of soils of King George Island, South Shetland Islands, West Antarctica: Implications for pedogenesis in cold polar regions.** *Geochimica et Cosmochimica Acta*, Vol. 68, No. 21, pp. 4319–4333, 2004.
- Lopéz-Martínez, J., Serrano, E., Lee, J.I., **Geomorphological map of Barton and Weaver penínsulas, King George Island, Antarctica.** E, 1:10,000. Korean Ocean Researcher and Development Institute, Seoul, Korea. 2002.
- Mckeague, J. A., Day, J. H. **Dithionite and oxalate-extractable Fe and Al as aids in differentiating various classes of soils.** *Canadian Journal of Soil Science*, v.46, n.?, p.13-22. 1966.
- Michel, R.F.M., Schaefer, C.E.G.R., Dias, L., Simas, F.N.B., Benites, V., Mendonça, E.S., **Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation and carbon studies.** *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70, 1370–1376. 2006.
- Muller, J.P., Bocquier, G. **Dissolution of kaolinites and accumulation of iron oxides in lateritic-ferruginous nodules: mineralogical and microstructural transformations.** *Geoderma*, 37 (1986), pp. 113–136.
- Peretyazhko, T., Zachara, J.M., Boily, J.-F., Xia, Y., Gassman, P.L., Arey, B.W. and Burgos, W.D. **Mineralogical transformations controlling acid mine drainage chemistry.** *Chemical Geology* 262, 169-178, 1999.
- Schaefer, C. E. G. R., Simas, F. N. B., Gilkes, R. J., Mathison, C., da Costa, L. M., Albuquerque, M. A. **Micromorphology and Microchemistry of selected Cryosols from maritime Antarctica.** *Geoderma*: 144 (2008), p. 104-115.
- Simas F.N., Schaefer, C.E.R.G., Melo, V.F., Guerra, M.B.B., Saunder, M., Gilkes, R.J. **Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (cryosols) from King George Island, Antarctica.** *Clays and clay minerals*, 54, 723-738, 2006.
- Simas, F.N.B., Schaefer, C.E.G.R., Melo, V.F. DE, Albuquerque-Filho, M.R., Michel, R.F, Pereira, V.V., Gomes, M.R.M. **Ornithogenic Cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process.** *Geoderma*, v.138, p.191-203, 2007.
- Simas, F.B.N., Schaefer, C.E.R.G., Albuquerque Filho, M.R., Francelino, M.R., Fernandes Filho, E.I. and Costa, L.M. **Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, Maritime Antarctica.** *Geoderma*, 144, 116-122, 2008.
- Souza, K.K.D., Schaefer, C.E.G.R., Simas, F.N.B., Spinola, D.N., Paula, M.D. **Soil formation in Seymour Island, Weddell Sea, Antarctica.** *Geomorphology* (2014), <http://dx.doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.03.047>.
- SSS, Soil Survey Staff. **Keys to Soil Taxonomy**, 12th ed. USDA-NRCS, Washington, DC. 2014.
- IUSS Working Group WRB. **World Reference Base for Soil Resources 2014.** International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome, 2014.
- Tatur, A., Myrcha, A. Ornithogenic soils. In: Rakusa-Suszczewski (Ed.), **The Antarctic Coastal Ecosystem of Admiralty Bay.** S. Polish Academy of Sciences, Warsaw, pp. 161–165, 1993.

- Tessier, E. A., Campbell, P. G. C., Bisson, M. **Sequential extraction procedure for the speciation of particulate trace metals.** Analytical chemistry, v. 51, n. 7, p. 844-850. 1979.
- Ugolini, F.C., 1976. **Weathering and mineral synthesis in Antarctic soil.** Antarct. J.U.S. 11: 248-249.
- Weindorf, D.C.; Bakr, N.; Zhu, Y.; Haggard, B.; Johnson, S.; e Daigle, J. **Characterization of Placic Horizons in Ironstone Soils of Louisiana, USA.** Pedosphere 20(4): 409–418, 2010.
- Wu, S. P. and Chen, Z. S. 2005. **Characteristics and genesis of Inceptisols with placic horizons in the subalpine forest soils of Taiwan.** Geoderma. 125: 331–341.
- Yeo, J.P., Lee, J.I., Hur, S.D., Choi, B.G. **Geochemistry of volcanic rocks in Barton and Weaver peninsulas, King George Island, Antarctica: Implications for arc maturity and correlation with fossilized volcanic centers.** Geosciences Journal, Vol. 8, No. 1, p. 11-25, 2004.
- Yeomans, J. C.; Bremmer, J. M. **A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil.** Communications in Soil Science and Plant Analysis, v.19, p.1467-1476, 1988.
- Zhao, J., Huggins, F. E., Feng, Z, Huffman, G.P. **Ferrihydrite: surface structure and its effects on phase transformation.** Clays and Clay Minerals, vol. 42, No. 6, 737-746, 1994.

ANEXOS

Anexo 1: Perfis de solos da Península Barton, Antártica Marítima (abordados na dissertação).

PERFIL 01

FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação da paisagem do planalto com solos poligonais na Península Barton, Antártica Marítima.

FOTOS PERFIL 1:



Figura: Perfil (P01), GELISOLS TURBELS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 13/02/2014 (QUINTA-FEIRA)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: GELISOLS TURBELS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E
0407728 / 3098849

PERFIL COLETADO: EM ÁREA DE SOLOS POLIGONAIS.

ALTITUDE: 148 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): 75 CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSO (CONSIDERADO ROCHOSO QUANDO APRESENTA CLASTOS > 20 CM, ISTO NÃO FOI OBSERVADO NESTE PLANALTO)

RELEVO LOCAL: PLANO (< 3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: BEM DRENADO (TANTO QUE FOI OBSERVADO MATERIAL OXIDADO AO LONGO DO PERFIL, A ÁGUA SÓ CHEGOU A MINAR NA BASE).

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS NAS BORDAS DOS POLÍGONOS. (LOCAL BEM VEGETADO, PORÉM EM OUTRAS ÁREAS FORAM OBSERVADOS CAMPOS DE VEGETAÇÃO CONTÍNUOS).

FAUNA: PRESENÇA DE SKUAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 1)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
A	0-10	0,2	TRANSIÇÃO CLARA E PLANA COM AB. MUITO CASCALHENTO (SUBANGULAR). ESTRUTURA GRANULAR, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE GRANDE, MUITOS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E LIG. PEGAJOSO.
AB	10-20	0,3	TRANSIÇÃO GRADUAL E ONDULADA COM BI E BI2. COM CASCALHO (SUBANGULAR). ESTRUTURA BLOCOS SUBANGULARES, MÉDIA E FRACA. POROSIDADE PEQUENA, COMUNS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. LIG. PLÁSTICO E NÃO PEGAJOSO.
BI	20-75	0,4	TRANSIÇÃO CLARA E DESCONTÍNUA COM BI 2 E TRANSIÇÃO PLANA GRADUAL PARA CR. COM CASCALHO (SUBANGULAR). ESTRUTURA SUB-ANGULAR, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE PEQUENA, POUCOS. CONSISTÊNCIA MUITO FRIÁVEL. LIG. PLÁSTICO E PEGAJOSO.
BI 2	20-75	0,3	TRANSIÇÃO CLARA E DESCONTÍNUA COM BI1 E TRANSIÇÃO PLANA GRADUAL PARA CR. MUITO CASCALHENTO (SUBANGULAR). ESTRUTURA SUB-ANGULAR, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE MÉDIO, COMUNS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E NÃO PEGAJOSO.
CR	75-78+	0	CONTINUA APROFUNDANDO, PORÉM O MATERIAL É MUITO PEDREGOSO. APRESENTA CASCALHO E CALHAU (SUBANGULAR). ESTRUTURA MACIÇA. CONSISTÊNCIA MUITO FIRME. FORTEMENTE CIMENTADO.

OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta foi feita em área de solos poligonais. Planalto com círculos de pedra. O perfil foi aberto entre o centro do polígono (Bi1) e a borda (Bi2). 2- Observou-se que o centro do polígono apresentava maior concentração de partículas finas. 3- A camada superficial apresentava partículas maiores. 4- A água chegou a minar na base do perfil. 5- Observou-se segregação de gelo superficialmente entre A e AB (descontinuidade da porosidade – observar contraste de porosidade A/AB). 6- A transição entre os horizontes Bi e Bi2 era descontínua, a diferença de cores e de conteúdo de material grosseiro era muito grande, amarelada (Bi) e amarronzada escura com material grosseiro (Bi2). A transição era vertical. Línguas verticais de material de Bi2 dentro de Bi1. 7- A diferença de pegajosidade e plasticidade era muito grande entre Bi (Lig. plástico e pegajoso) em relação a Bi2 (Não plástico e não pegajoso). 8- A amostra de micromorfologia foi retirada entre as transições de Bi e Bi2. 9- Avaliação da estrutura foi prejudicada, pois o solo se encontrava muito úmido. 10- Presença de liquens (úsneas) e briófitas. 11- SOIL TAXONOMY - Gelisols (ordem) possui permafrost dentro camada de controle (100cm) e material “gelic”. Turbels (subordem): tudo leva a esta classificação, pois, observou-se horizontes descontínuos e irregulares por efeito da crioturbação, além do padrão da superfície do solo, com círculos de pedra. Os limites são descontínuos. Os fragmentos rochosos em superfície são orientados. Psammoturbels (Grande grupo): há indícios desta classificação, pois, aparenta menos do que 35% (por volume) de fragmentos de rocha. A classe aparenta ser de textura argilosa com areia fina ou mais grossa em todas as camadas dentro da seção de controle. Glacic Psammoturbels (Sub-grupo): é indicada esta classificação, pois apresenta camada de gelo (glacic) dentro de 100cm de superfície do solo mineral. Também apresenta cimentação por gelo. 12- Classificação WRB/FAO: Glacic Turbic Cryosol: apresenta sinais de crioturbação dentro de 100 cm da superfície do solo. Solo mineral formado em um ambiente de permafrost. Na superfície observou-se camada de água congelada. A descontinuidade dos horizontes demonstra que os processos criogênicos são dominantes. Separação de frações grosseiras de materiais finos.
--------------	---

PERFIL 02

FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação do local de coleta em rampa de colúvio na Península Barton, Antártica Marítima.

FOTOS PERFIL 2:

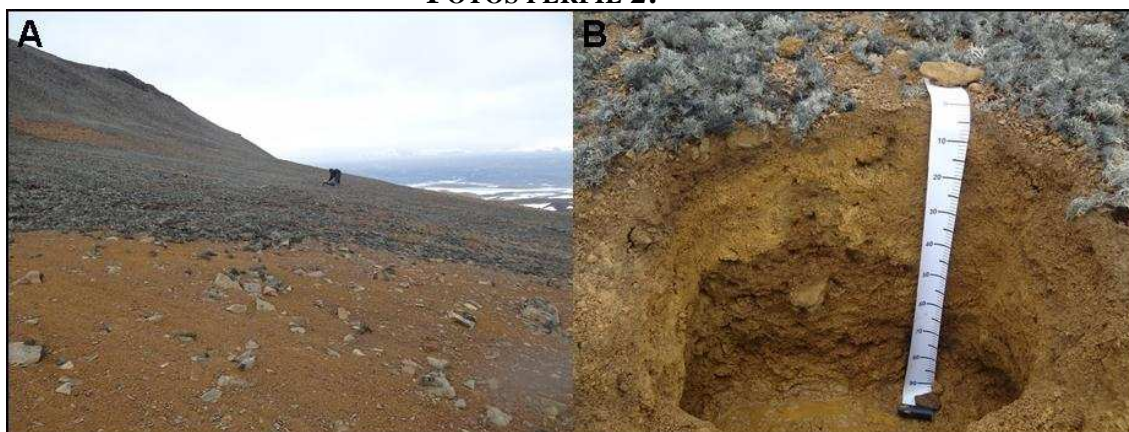


Figura: Perfil (P02), TYPIC PSAMMOTURBELS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 15/02/2014 (SÁBADO)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: TYPIC PSAMMOTURBELS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E 0407371 / 3099023

PERFIL COLETADO: EM UMA RAMPA DE COLÚVIO.

ALTITUDE: 133 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): 85 CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSO (CONSIDERADO ROCHOSO QUANDO APRESENTA CLASTOS > 20 CM, ISTO NÃO FOI OBSERVADO NESTE PLANALTO)

RELEVO LOCAL: ONDULADO (8-20%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: BEM DRENADO (TANTO QUE FOI OBSERVADO MATERIAL OXIDADO AO LONGO DO PERFIL, PORÉM A ÁGUA CHEGOU A MINAR NA BASE, CONTATO COM O PERMAFROST).

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS (LOCAL VEGETADO)

FAUNA: PRESENÇA DE SKUAS (MUITAS).

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 2)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
A	0-5	1,4	TRANSIÇÃO CLARA E ONDULADA COM B11. MUITO CASCALHENTO, COM CASCALHO E COM CALHAU (SUBANGULAR). ESTRUTURA EM BLOCOS SUBANGULARES, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE MÉDIA A GRANDE, COMUNS. CONSISTÊNCIA MUITO FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E NÃO PEGAJOSO.
B11	5/10 – 15/67	1,2	TRANSIÇÃO CLARA E IRREGULAR COM B12. COM CASCALHO (SUBANGULAR). ESTRUTURA LAMINAR, PEQUENA E FRACA. POROSIDADE MUITO PEQUENA, POUCOS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. PLÁSTICO E PEGAJOSO.
B12	16/67 – 85	0,5	TRANSIÇÃO CLARA E PLANA. MUITO CASCALHENTO E CALHAU (SUBANGULAR). ESTRUTURA BLOCOS SUB-ANGULARES, PEQUENA E

			FRACA. POROSIDADE MÉDIO A GRANDE E COMUINS. CONSISTÊNCIA MUITO FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E LIG. PEGAJOSO.
CR	85-95+	0,2	CONTINUA APROFUNDANDO, PORÉM O MATERIAL É MUITO PEDREGOSO. MUITO CASCALHENTO. FORTEMENTE CIMENTADO.
OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta foi feita em uma rampa de colúvio, a qual demonstra-se pouco pedregosa em superfície. Na rampa Observou-se algumas feições que indicam fluxo. 2- Superficialmente foi visto caminhos preferenciais de água no solo. 3- O permafrost aparenta ser cromado. 4- Observou-se muitas skuas, próximas ao perfil. Ambiente bem vegetado com líquens e poucos musgos. 5- Notou-se que o canto esquerdo do perfil que estava sob musgos apresentava uma camada superficial, mais escura e espessa. 6- A água chegou a minar na base do perfil, mais especificamente a partir de 73 cm. 7- Não observou-se indícios de crioturbação em superfície, mas as irregularidades dos horizontes retratam a presença deste processo. 8- A transição entre os horizontes Bi1 e Bi2 era descontínua, a diferença de cores e de conteúdo de material grosseiro era muito grande, amarelada (Bi) e amarronzada escura com material grosseiro (Bi2). A transição era vertical. 9- Tudo indica que o perfil 1 apresentava maior efeito da crioturbação, pois observou-se indícios superficialmente (polígonos e camada de gelo superficial) e subsuperficialmente (transição dos horizontes). No perfil 2 superficialmente não observou-se efeitos da crioturbação, mas os horizontes se apresentaram de modo descontínuo. 10- O menor efeito da crioturbação no perfil 2 também pode ser observado, analisando que a desorganização do horizonte estava menor, em comparação ao perfil 1. 11- A diferença de pegajosidade e plasticidade era muito grande entre Bi (plástico e pegajoso) em relação a Bi2 (Não plástico e lig. pegajoso). 12- Como pode ser visto, existem muitas semelhanças entre os perfis 1 e 2. 13- Por estar localizado em setor mais plano, o perfil 1 favorece o maior desenvolvimento do horizonte A (identificou-se A e AB). 14- A amostra de micromorfologia foi retirada nos horizontes A, Bi1 e Bi2 (Bi1 amarelado e Bi2 mais amarronzado). 15- Avaliação da estrutura foi prejudicada, pois o solo se encontrava muito úmido. 16- Presença de liquens (úsneas) e poucos musgos. 17- SOIL TAXONOMY - Gelisols (ordem) Turbels (subordem): tudo leva a esta classificação, pois, observou-se horizontes descontínuos e irregulares por efeito da crioturbação. Os limites são descontínuos. Psammenturbels (Grande grupo): há indícios desta classificação, pois, aparenta menos do que 35% (por volume) de fragmentos de rocha. A classe aparenta ser de textura argilosa com areia fina ou mais grossa em todas as camadas dentro da seção de controle. Typic psammenturbels, não se enquadra em nenhuma dos outros grupos, por isto typic (outros). 18- Classificação WRB/FAO- Haplic Turbic Cryosol: apresenta sinais de crioturbação dentro de 100 cm da superfície do solo. Solo mineral formado em um ambiente de permafrost. A descontinuidade dos horizontes demonstra que os processos criogênicos são dominantes. 		

PERFIL 03 FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação do local de coleta no terço inferior da bacia na Península Barton, Antártica Marítima. Destaque para presença dos musgos crescendo em cima das concreções.

FOTOS PERFIL 3:



Figura: Perfil (P03), TYPIC PETRAQUEPTS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 15/02/2014 (SÁBADO)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: TYPIC PETRAQUEPTS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E 0407171 / 3099244

PERFIL COLETADO: EM UMA RAMPA NO TERÇO INFERIOR DA BACIA COM PRESENÇA DE CONCREÇÕES

ALTITUDE: 47 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST):

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSO A MUITO PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSO (CONSIDERADO ROCHOSO QUANDO APRESENTA CLASTOS > 20 CM, ISTO NÃO FOI OBSERVADO NESTE PLANALTO)

RELEVO LOCAL: ONDULADO (8-20%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS (LOCAL VEGETADO). A VEGETAÇÃO CRESCE EM CIMA DAS CONCREÇÕES E NÃO NO SOLO. (SERÁ UMA FORMA DE RESISTÊNCIA CONTRA OS FORTES VENTOS?)

FAUNA: FOI OBSERVADO POUCAS SKUAS, ATÉ UM POUCO DISTANTE DO PERFIL.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 3)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
D	5-0	-	CAMADA PEDREGOSA SUPERFICIAL. ESTA SIMBOLOGIA É USADA PARA REPRESENTAR PAVIMENTOS DESÉRTICOS.
A1	0-4/30	0,5	TRANSIÇÃO GRADUAL E ONDULADA. MUITO CASCALHENTO, ANGULAR. ESTRUTURA GRANULAR, MÉDIA E MODERADA. POROSIDADE GRANDE E MUITOS. CONSISTÊNCIA MUITO FRIÁVEL. NÃO-PLÁSTICO E LIG.PEGAJOSO.
A2	0-14/43	0,4	TRANSIÇÃO CLARA E ONDULADA. MUITO CASCALHENTO, ANGULAR. ESTRUTURA GRANULAR, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE MUITO GRANDE E MUITOS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E NÃO PEGAJOSO.
B	14-28/54	0,5	TRANSIÇÃO GRADUAL E ONDULADA. CASCALHENTO, SUBARREDONDADO. ESTRUTURA BLOCOS SUBANGULARES MÉDIO A GRANDE. E MODERADA. POROSIDADE PEQUENA E POUCOS. CONSISTÊNCIA FRIÁVEL. NÃO PLÁSTICO E LIG. PEGAJOSO.
CRF	28-49+	1,1	CONTINUA APROFUNDANDO, PORÉM O MATERIAL É MUITO PEDREGOSO. CASCALHENTO. FORTEMENTE CIMENTADO.
OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta foi feita no terço inferior da bacia. Em uma área de topo do vale, ao lado de uma grande canga encaixada. 2- Havia um vale dissecado. Nas encostas encontravam-se muitas concreções. A coloração das concreções na superfície era avermelhada e em subsuperfície era amarelada. 3- Entre A2 e B notou-se uma fina camada entre 1-2cm de coloração diferente. 4- O horizonte B é pálido e aparenta ter muito silte. 5- O horizonte C é completamente cimentado por óxidos, não observou-se sinais de gelo. 6- Os líquens eram muitos e observou-se que crescem em cima das cangas e não nos solos. 7- Não observou-se água minando no perfil. 8- Não observou-se indícios de crioturbação. 9- Curiosidade que os horizontes estavam com caídas no sentido contrário ao corrimento da água na bacia. 10- Analisando os 3 perfis da bacia, parece que a atuação da crioturbação foi diminuindo da parte mais elevada (Perfil 1, solo poligonal), passando pelo P2 (menos efeito da crioturbação), até chegar no P3 (não identificou-se sinais de crioturbação). 11- Notou-se a presença de um filme amarelo (silte?) nas cangas. 12- As duas amostras de micromorfologia foram retiradas nos horizontes A1+ A2 e A2+B. 13- Presença de líquens (úsneas) e musgos crescendo nas cangas. 14- SOIL TAXONOMY – Inceptisols, tem horizonte B. Aquepts, tem contato lítico dentro de 50 cm. NÃO É SULFURIC PQ O pH está elevado. Petraquepts por causa da cimentação, concreção. Typic petraquepts. 15- Classificação WRB/FAO- Leptic Petroplinthic Cambisol. 		

PERFIL 04
FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação do local de coleta no terço inferior da bacia, muito próximo a geleira na Península Barton, Antártica Marítima.

FOTOS PERFIL 4:



Figura: Perfil (P04), “SULFURIC” PETRAQUEPTS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 17/02/2014 (SEGUNDA FEIRA)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: “SULFURIC” PETRAQUEPTS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E 0408974 / 3100616

PERFIL COLETADO: EM ÁREA JUNTO ÀS COSTA, PARTE MAIS INFERIOR DA BACIA COM PRESENÇA DE CONCREÇÕES.

ALTITUDE: 10 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST):

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSO.

RELEVO LOCAL: FORTE ONDULADO (20-45%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): FORTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: AUSENTE.

FAUNA: OBSERVOU-SE PRESENÇA DE ALGUNS PINGUINS PRÓXIMO AO PERFIL.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 4)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
A	0-20/29	2,5	TRANSIÇÃO CLARA E ONDULADA. MUITO CASCALHENTO E COM PRESENÇA DE CASCALHO, SUBARREDONDADOS. ESTRUTURA DE GRÃOS SIMPLES. POROS GRANDES E MUITOS. SOLO SOLTO E MUITO FRIÁVEL. NÃO PEGAJOSO E NÃO PLÁSTICO.
Bi	20/29-36/40	1,9	TRANSIÇÃO GRADUAL E ONDULADA. MUITO CASCALHENTO E COM CALHAU, SUBARREDONDADOS. ESTRUTURA DE GRÃOS SIMPLES. POROSIDADE GRANDE E MUITOS. SOLO SOLTO. NÃO-PLÁSTICO E NÃO-PEGAJOSO.
F	36/40-90/94	-	TRANSIÇÃO ABRUPTA E ONDULADA. CONCREÇÕES COM CIMENTAÇÃO EXTREMAMENTE FORTE.
2Bi1	90/94-130	1,2	TRANSIÇÃO ABRUPTA E PLANA. PRESENÇA DE CASCALHO E CALHAU, SUBARREDONDADO. ESTRUTURA DE GRÃOS SIMPLES. POROSIDADE MUITO GRANDE E MUITOS. SOLO SOLTO. NÃO PLÁSTICO E NÃO PEGAJOSO.
2Bi2	130-140/165	1,0	TRANSIÇÃO GRADUAL E IRREGULAR. CASCALHENTO E COM CALHAU, SUBANGULAR. ESTRUTURA EM BLOCOS SUBANGULARES, PEQUENA E MODERADA. POROSIDADE PEQUENA E COMUNS. SOLO FRIÁVEL. AS CONDIÇÕES DE CAMPO NÃO PERMITIRAM AVALIAR PLASTICIDADE E PEGAJOSIDADE.
2Bi3	140/165-220+	0,8	MUITO CASCALHENTO, ANGULAR. ESTRUTURA EM BLOCOS SUBANGULARES, MUITO PEQUENA E FRACA. POROSIDADE PEQUENA E POUCOS. SOLO MUITO FRIÁVEL. AS CONDIÇÕES DE CAMPO NÃO PERMITIRAM AVALIAR PLASTICIDADE E PEGAJOSIDADE.
OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta foi feita na base da bacia, próximo às águas da “Marian Cove”. Esta bacia fica mais próxima à geleira e apresenta relevo mais escarpado. 2- Perfil muito profundo, sendo aproveitado um corte na encosta. 3- Presença de muitas concreções. Variação de cores muito grande no perfil. 4- A camada 3 representa uma camada contínua de concreções. 5- Não observou-se vegetação e notou-se presença de alguns pinguins nas proximidades do perfil. 6- Não observou-se água minando no perfil, nem indícios de crioturbação. 7- SOIL TAXONOMY – Classificado como Inceptisols, apresenta horizonte B. Aquepts, tem contato lítico dentro de 50 cm. É ácido, indicando sulfuric horizon. Petraquepts por causa da cimentação, concreção. “Sulfuric” petraquepts. 8- Classificação WRB/FAO- Orthothionic Petroplinthic Cambisol. 		

PERFIL 05
FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação do local de coleta no terço médio da bacia, muito próximo a geleira na Península Barton, Antártica Marítima.

FOTOS PERFIL 5:

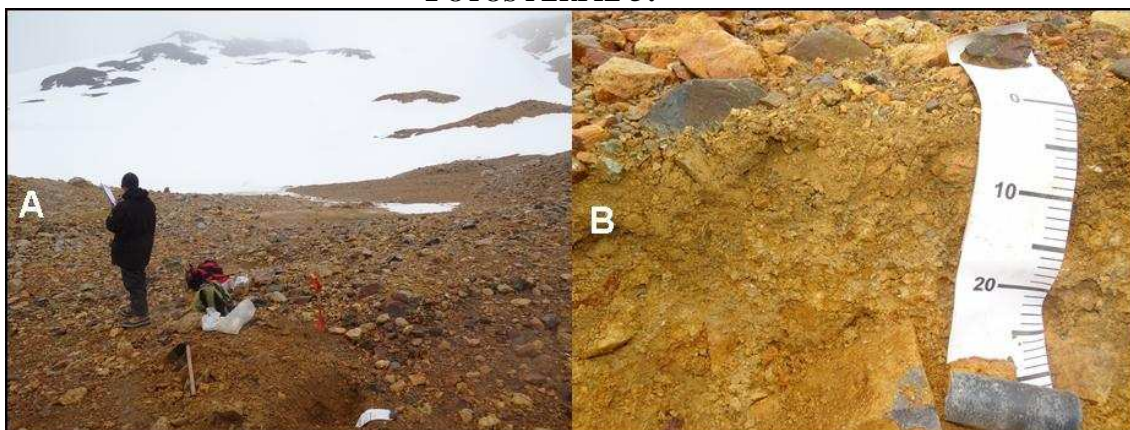


Figura: Perfil (P05), TYPIC SULFAQUEPTS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 18/02/2014 (TERÇA FEIRA)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: TYPIC SULFAQUEPTS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E 0409476 / 3100799

PERFIL COLETADO: PLATÔ ACIMA DA ENCOSTA QUE COBRE O P04.

ALTITUDE: 83M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST):

PEDREGOSIDADE: EXTREMAMENTE PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSO.

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): MODERADA A FORTE

DRENAGEM: MAL DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: AUSENTE.

FAUNA: OBSERVOU-SE PRESENÇA DE ALGUMAS SKUAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 5)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
A	0-10	3,6	TRANSIÇÃO CLARA E PLANA. MUITO CASCALHENTO (SUBARREDONDADO) E COM PRESENÇA DE CASCALHO (SUBANGULAR). ESTRUTURA DE GRÃOS SIMPLES. POROS GRANDES E MUITOS. SOLO SOLTO. NÃO PLÁSTICO.
B	10-25	2,0	TRANSIÇÃO CLARA E IRREGULAR. COM CASCALHO SUBANGULAR. ESTRUTURA DE BLOCOS SUBANGULARES, DE PEQUENA A MÉDIA, MODERADA. POROSIDADE PEQUENA E COMUNS. SOLO FRIÁVEL. LIGEIRAMENTE PLÁSTICO.
CR	25+	1,7	NÃO ANALISADO.
OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta executada em platô. Bacia extremamente amarelada pela oxidação de sulfeto. Próximo a geleira. 2- O perfil apresentava mosqueados. 3- Observou-se contato paralítico. 4- Área ausente de vegetação. 5- Há indícios de que esta bacia é mais recente, as geleiras cobriam toda esta área, por isto se tem solos menos desenvolvidos em comparação a outra bacia estudada. 6- Não observou-se água minando no perfil, nem indícios de crioturbação. 7- Observou-se fragmentos grosseiros. 8- SOIL TAXONOMY – Inceptisols – sulfaquepts, tem horizonte sulfuric (pH entre 3,5 e 4,0) dentro de 50 cm. Typic Sulfaquepts. É mal drenado. 9- Classificação WRB/FAO- Hyperthionic Leptic Cambisol 		

PERFIL 06

FOTOS DO LOCAL:



Figura: Representação do local de coleta na parte superior da bacia, muito próximo a geleira na Península Barton, Antártica Marítima.

FOTOS PERFIL 6:



Figura: Perfil (P06), TYPIC DYSTROCRYEPTS (SSS, 2014) na Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 18/02/2014 (TERÇA FEIRA)

CLASSIFICAÇÃO PRELIMINAR: TYPIC DYSTROCRYEPTS (SOIL TAXONOMY)

LOCALIZAÇÃO: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA. UTM: 21 E 0409394 / 3100246

PERFIL COLETADO: PARTE ALTA DA BACIA. SOLO REPRESENTATIVO DE UMA EXTENSA ÁREA. CABECEIRA SUAVE ONDULADA.

ALTITUDE: 161 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA: BASALTO-ANDESÍTICO

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST):

PEDREGOSIDADE: EXTREMAMENTE PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSO.

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): FORTE

DRENAGEM: BEM DRENADO A MODERADAMENTE DRENADO.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: AUSENTE.

FAUNA: NÃO OBSERVADA.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL 6)

HORIZ.	PROF. (CM)	T (°C)	DESCRIÇÃO
D	7-0	-	CAMADA PEDREGOSA NA SUPERFÍCIE.
A	0-5/7	5,6	TRANSIÇÃO GRADUAL E PLANA. MUITO CASCALHENTO E COM CALHAU, SUBANGULAR. POROSIDADE GRANDE E COMUNS. NÃO-PLÁSTICO E NÃO-PEGAJOSO.
B1	5/7-22/52+	2,6	TRANSIÇÃO GRADUAL E IRREGULAR. MUITO CASCALHENTO E COM CALHAU, SUBANGULAR. ESTRUTURA COM BLOCOS SUBANGULARES, MUITO PEQUENA E FRACA. POROSIDADE PEQUENA E COMUNS. NÃO-PLÁSTICO E LIG.-PEGAJOSO.
B2	21-33	2,2	TRANSIÇÃO GRADUAL E IRREGULAR. MUITO CASCALHENTO, SUBANGULAR. ESTRUTURA DE GRÃOS SIMPLES. POROSIDADE GRANDE E COMUNS. SOLO SOLTO. NÃO PLÁSTICO E NÃO

			PEGAJOSO.
B3	33-51+	1,5	MUITO CASCALHENTO E COM CALHAU, SUBANGULAR. ESTRUTURA EM BLOCOS SUBANGULARES, PEQUENA E FRACA. POROSIDADE GRANDE E COMUNS. SOLO FRIÁVEL. NÃO-PLÁSTICO E NÃO-PEGAJOSO.
OBS.:	<ol style="list-style-type: none"> 1- A coleta feita em uma área suave ondulada na parte mais alta da bacia. 2- Área muito representativa, extensa. 3- Na superfície foi observado muitas pedras, mas em subsuperfície foi encontrado mais partículas finas. 4- A superfície é muito amarelada e parece que as pedras maiores se encontram na superfície. 5- Esta área se encontra abaixo de uma escarpa, parte mais alta da bacia. 6- Não observou-se vegetação e nem presença de fauna. 7- Não observou-se água minando no perfil, nem indícios de crioturbação. 8- Esta bacia aparenta apresentar maior desbalanço entre erosão e pedogênese. 9- As rochas apresentam manchas de oxidação. 10- SOIL TAXONOMY – Bem drenado. Typic Dystrocrepts 11- Classificação WRB/FAO- Haplic Leptic Cambisol 		

PERFIL 07 FOTOS DO LOCAL



Figura: Representação da paisagem, área de terraço marinho e perfil P07 “Ornithogenic” Lithic Psammaquent, Península Barton, Antártica Marítima.

DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 29/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409744/30976941

PERFIL COLETADO: PERFIL COLETADO EM TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO SOBRE SEDIMENTO (TILL) DE ANDESITO COM DOIS NÍVEIS DE FOSFATIZAÇÃO.

ALTITUDE: 11 M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MODERADAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): MODERADA

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: LIQUENS, ÚSNEAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA (PERFIL P07)

HORIZ.	PROFUND. (CM)	DESCRIÇÃO
AC	0 – 10	TRANSIÇÃO CLARA
C1	10 – 30	TRANSIÇÃO ABRUPTA
2 A 2	2 CM	HORIZONTE MAIS ESCURO. CAMADA MUITO FINA, COM CERCA DE 2 CM DE ESPESSURA.
C2	30 – 40	TRANSIÇÃO CLARA.
CR3	40 – 60	AMOSTRA NÃO COLETADA.
OBS.:		<ol style="list-style-type: none"> 1- Perfil com sinais de fosfatização. 2- Coleta feita em uma área de terraço marinho. 3- Horizonte CR3 apresenta muitos seixos rolados com fosfato. 4- Coletou-se 2 amostras de micromorfologia e 1 amostra de osso. 5- Em superfície se tem um pavimento pedregoso. 6- Observou-se descontinuidade no horizonte 2A2. 7- Classificou-se como “Ornithogenic” Lithic Psammaquent (Ornithic–Lithic Leptosol).

**ANEXO 2: PERFIS DE SOLOS DA PENÍNSULA BARTON, ANTÁRTICA MARÍTIMA
(NÃO ABORDADOS NA DISSERTAÇÃO).**

PERFIL 1



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 27/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21 E 0409595/3099212

PERFIL COLETADO: SOBRE MORAINAS EM BASE DE GELEIRA. SOBRE BASALTO ANDESÍTICO.

ALTITUDE: 4M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: EXTREMAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: EXTREMAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: ONDULADO (8-20%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): EXTREMAMENTE FORTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	0 - 3 CM; MUITO CASCALHENTA; SUBANGULAR; GRÃOS SIMPLES PEQUENA GRANULAR; 5.6°C.
CR	3+ CM; 2.6°C.
OBS.:	SOLO MUITO PEDREGOSO, SEM DIFERENÇA CLARA DE HORIZONTES. REPRESENTA SEDIMENTOS DE BASALTO ANDESÍTICO. EPIPEDREGOSO, POSSIVELMENTE EUTRÓFICO, NÍVEL MAIS ALTO DE TOPOSSEQUÊNCIA SOBRE ANDESÍTOS/ TUFOS. PAVIMENTO PEDREGOSO: >90% MATERIAL GROSSEIRO CR: > 70% MATERIAL GROSSEIRO

PERFIL 2



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 27/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21E 0409528/3098624

PERFIL COLETADO: EM TOPO PLATÔ SOBRE TUFOS. PIROCLASTOS VULCÂNICOS MISTURADOS AO MATERIAL ANDESÍTICO (SEDIMENTOS VULCÂNICOS). SOBRE TUFOS E ANDISITOS.

ALTITUDE: 152M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: EXTREMAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS, BRIÓFITAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0 - 3 CM; DIFUSA ONDULADA; 2.1°C.
BC	3 - 40+ CM; GRÃOS SIMPLES MÉDIO GRANULAR; 2.1°C.
OBS.:	PRESENÇA DE LIQUENS (ÚSNEAS), BRIÓFITAS. MAIS MATÉRIA ORGÂNICA EM SUPERFÍCIE POR CONTA DA PRESENÇA DE VEGETAÇÃO. MATERIAL MAIS ONDULADO QUE P01 (TUFOS MAIS FÁCIL AO INTEMPERISMO). EM A O QUE É MATERIAL GROSSEIRO É GRÃO SIMPLES, JÁ O MATERIAL FINO É GRANULAR. PEDREGOSIDADE EM SUPERFÍCIE EM SEIXOS MENORES QUE P01. MATERIAL MAIS ESTÁVEL. SEGUNDO NÍVEL DE PRIMEIRA TOPOSSEQUÊNCIA SOBRE ANDESÍTOS. A: >90% MATERIAL PEDREGOSO BC: 50% MATERIAL PEDREGOSO

PERFIL 3



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 27/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0410167/3098736

PERFIL COLETADO: EM TOPO DE PLATÔ SOBRE ANDESÍTOS E TUFOS. SEGUNDO NÍVEL DE TOPOGRAFIA.

ALTITUDE: 108M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS, ÚSNEAS PRETAS, LIQUENS CROSTOSOS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	5 - 0 CM; 1.3°C.
A	0 - 3 CM;
Bi	3 - 15 CM;
CR	15 - 40 CM; GRÃOS SIMPLES.
OBS.:	ÁREA MAIS EVOLUÍDA QUE A ANTERIOR. MENOS OXIDADO QUE P01 E P02 (APARENTE) POR CAUSA DA MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO. ÁREA MAIS ESTÁVEL QUE A ANTERIOR. MAIS PROTEGIDO CONTRA O VENTO. ESTRUTURA LAMELAR QUE SE DESFAZ EM GRANULAR EM Bi.

PERFIL 4



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 28/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21E 0407771/3097352

PERFIL COLETADO: PERFIL COLETADO NO TOPO DO PLATÔ NOBONG, ACIMA DO CAMPO DE SOLOS COM PADRÕES. CENTRO DO POLÍGONO. SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS.

ALTITUDE: 121M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: NÃO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEA PRETA E BRIÓFITA.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1	0 - 10 CM; 1.3°C.
A2	10 - 30 CM; 2.1°C.
OBS.:	PRESENÇA DE RARAS SKUAS. ESTRUTURA EM BLOCOS, FRACO, MÉDIO (PORQUE ESTAVA ÚMIDO). ÁREA COM POLÍGONOS COM CERTO ALINHAMENTO. BOLSÃO DE MATERIAL MAIS FINO EM MEIO DE ÁREA COM MUITA PEDREGOSIDADE SUPERFICIAL. OS BLOCOS VÃO AUMENTANDO DE TAMANHO COM A PROFUNDIDADE. CAMPO DE SOLO POLIGONAIS COM BRIÓFITAS, ÚSNEAS. AS BRIÓFITAS ORGANIZAM-SE PREFERENCIALMENTE O MEIO DOS POLÍGONOS. APROXIMADAMENTE 40 CM DE DIÂMETRO INTERNO EM MEDIA. POLÍGONOS PEQUENOS. COM O CENTRO MAIS BAIXO QUE AS BORDAS. MATERIAL MAIS FINO NO CENTRO INDICANDO PROCESSO ATIVO DE CRIOTURBAÇÃO. PERMAFROST PRESENTE (INDICAÇÃO). TOPOSSEGUENCIA DE PINGÜINEIRA 1° PONTO MAIS ALTO. A1: CENTRO DO POLÍGONO. A2: 30% CASCALHO

PERFIL 5



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 28/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21E 0407785/3098499

PERFIL COLETADO: EM 2º NÍVEL, PLATÔ COM SOLOS POLIGONAIS MAIS DISCRETO. SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS.

ALTITUDE: 91M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA:

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS PRETAS, BRIÓFITAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0 - 3/5 CM; FRACO MÉDIO GRANULAR; MODERADA; CLARA E ONDULADA; 2.8°C.
Bi	3/5 - 40 CM; FORTE MÉDIO BLOCOS ANGULARES; PLÁSTICO E MUITO PEGAJOSO; MODERADA. 2.0°C.
OBS.:	PAVIMENTO PEDREGOSO (4 CM) SUPERFICIAL. COLONIZAÇÃO INTENSA DE VEGETAÇÃO. ESTRUTURA GRANULAR MÉDIO MODERADO EM ABRUPTO. ESTRUTURA: BLOCOS MÉDIO/GRANDE FORTE EM B. SOLO COM CARACTERÍSTICAS TROPICAIS INCOMPATÍVEIS. SOLO MAIS AMARELADO. POSSÍVEL MENOR INFLUENCIA DA MATÉRIA ORGÂNICA NO CROMO. TRANSIÇÃO ENTRE HORIZONTES MUITO CLARA PELA COR E ESTRUTURA. GRADIENTE ESTRUTURAL ABRUPTO. LIMITANTE PARA A PRESENÇA DE SOLOS COM PADRÕES NÃO PARECE SER A AUSÊNCIA DE PERMAFROST POR CAUSA DA ALTITUDE UMA VEZ QUE COTAS MAIS BAIXA APRESENTAM NOVAMENTE SOLOS COM PADRÕES. EXPLICAÇÃO PODE GIRAR EM TORNO DA UMIDADE LOCAL. SEGUNDO NÍVEL DA TOPOSSEQUÊNCIA DA PINGÜINEIRA DO MAIS ALTO PARA O MAIS BAIXO.

PERFIL 6



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 28/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21E 0407741/3098442

PERFIL COLETADO: EM UM NÍVEL DE PINGÜINEIRA ABANDONADO EM CAMPO DE SOLOS POLIGONAIS. SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS.

ALTITUDE: 66M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA:

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1	0 - 20 CM; CLARA E IRREGULAR.
Bi	20 - 40 CM; 5.1°C
A2	20 - 40 CM; 2.2°C.
Bi2	25 - 50 CM; 0.7°C.
OBS.:	CLARA EVIDENCIA DE FOSFATIZAÇÃO PRETÉRITA. SOLO MUITO ÚMIDO, MENOR DENSIDADE, AVERMELHADO (FRACOS). SOLO MAIS PROFUNDO DO QUE ATE ENTÃO. APARENTE REFRAÇÃO TEXTURAL ENTRE A E B. ÁGUA MINANDO A 50 CM. TERCEIRO NÍVEL DE TOPOSSEQUÊNCIA DE PINGÜINEIRA

PERFIL 7



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 28/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 21E 0407743/3098447

PERFIL COLETADO: PERFIL COLETADO EM MESMO LUGAR DE P06, PORÉM NO CINTO DE UM POLÍGONO NÃO VEGETADO (INDICIO DE MENOR APORTE ORGÂNICO). SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS.

ALTITUDE: 65M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA:

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1	0 - 5 CM; GRÃOS SIMPLES; ABRUPTA E ONDULADA; 1°. C
2 A 2	5 - 8 CM;
C	8 - 50 CM;
OBS.:	PERFIL SIMILAR AO P06, POREM EM ÁREA DE MENOR FOSFATIZAÇÃO(!). INDICIO DE MENOR APORTE DE MATERIAL ORGÂNICO PRETÉRITA. APARENTE “GLEIZAMENTO” EM SUPERFÍCIE (?). 2 A 2 – PARECE SER UMA RELÍQUIA (CAMADA DE CIANOBACTÉRIAS PASSANDO). A1 – GRÃOS SIMPLES. 2 A 2 – GRUMOSA

PERFIL 8



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 28/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407740/3098428

PERFIL COLETADO: EM MESMO LUGAR QUE P06 E P07. PORÉM FORA DO CAMPO DE SOLOS POLIGONAIS. PARTE MAIS ELEVADA JÁ SE ENCAMINHANDO PARA A BORDA DA ESCARPA. SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS.

ALTITUDE: 71M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: EXTREMAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: MODERADAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS, BRIÓFITAS

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0 - 3 CM; CLARA E ONDULADA; 0.6°C.
BC	3 - 5 CM; 2.6°C.
	3.5°C.
OBS.:	CR FORMADO POR CASCALHOS BASICAMENTE. ESTRUTURA DE BI EM BLOCOS GRANDES MODERADO. BI ESBRANQUIÇADO (FOSFATO?). BC – NÃO TEM ESPESSURA PARA BI (MAS POSSUI ESTRUTURA PARA ESSA).

PERFIL 9



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 29/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 041025Z/309783D

PERFIL COLETADO: TERRAÇO MARINHO MUITO VEGETADO.

ALTITUDE: 3 M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA:

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: EXTREMAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: MODERADAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: LIQUENS, ÚSNEAS, MUSGOS, ALGA SANIONIA

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H	0-10 CM; GRÃOS SIMPLES; ABRUPTA E ONDULADA; 0.6°C.
AC1	10-20 CM; GRÃOS SIMPLES; CLARA; 3.5°C.
C2	20-35 CM; GRÃOS SIMPLES; CLARA; 1.9°C.
C3	35-60 CM; GRÃOS SIMPLES; CLARA; 2.1°C.
C4	60-75 CM; GRÃOS SIMPLES; CLARA;
OBS.:	ÁREA DENSAMENTE POVOADA POR LIQUENS, MUSGOS E ÚSNEAS. SEQÜÊNCIA DE HORIZONTES: CAMADA HÍSTICO SUPERFICIAL, LOGO ABAIXO DA CAMADA DE VEGETAÇÃO DE 5CM. PAVIMENTO PEDREGOSO DE 2 CM COM SEIXOS MÉDIOS. C4- SEIXOS. PERFIL APARENTEMENTE FOSFATIZADO DE 10 A 60 CM CASCALHOS ESBRANQUIÇADOS. PERFIL HIPER ESQUELÉTICO. TRINCHEIRA CAVADA ATÉ 75 CM. C2- CLASTOS MAIORES (CALHAUS). H- MUITO POUCO DENSO, MATERIAL POUCO HUMIFICADO. RESGUARDANDO MUITO DA VEGETAÇÃO DE ORIGEM. C4 – COM EVIDÊNCIAS DE ALUVIAÇÃO.

PERFIL 10



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 29/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0410276/3098460

PERFIL COLETADO: EM NÍVEL ALTIMÉTRICO DE TOPOSSEQUÊNCIA DE P01, P02 E P03. NÍVEL MAIS BAIXO, BOLSÃO DE MATERIAL FINO ASSOCIADO À CRIOTURBAÇÃO. SOBRE ANDESITOS, PIROCLASTOS (?).

ALTITUDE: 90M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): MODERADA

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS, RAROS MUSGOS NOS CENTROS DOS POLÍGONOS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-3 CM; MODERADO MÉDIO BLOCOS ANGULARES; GRADUAL; 9.1°C.
BC	3-10 CM; FRACA GRANDE BLOCOS ANGULARES; FORTE; CLARA; 6.3°C.
CR	10-35 CM; CASCALHENTA; 4.3°C.
OBS.:	MATERIAL EM SUBSUPERFÍCIE OXIDADO. COM MATÉRIA ORGÂNICA EM SUPERFÍCIE E HORIZONTE CR REDUZIDO. APARENTEMENTE O CROMO DO BI É RELATIVO AO FERRO DO MATERIAL DE ORIGEM QUE FOI OXIDADO. O MATERIAL REDUZIDO PODE ESTAR RELACIONADO AO IMPEDIMENTO DA DRENAGEM IMPOSTO PELO PERMAFROST. COLETA NO CENTRO DE UM POLÍGONO COM 40 CM DE DIÂMETRO INTERNO. PAVIMENTO PEDREGOSO 3 CM EM SUPERFÍCIE COM CLASTOS MÉDIOS/ PEQUENOS CALHAUS. PRESENÇA DE VÍSCOLAS NOS AGREGADOS. TANTO EM A QUANTO EM B. ESTRUTURA LAMELAR TAMBÉM (TÍPICO DE SOLO CRIOGÊNICO). NESSA LAMELAR APARENTEMENTE TER CEROSIDADE FORMANDO (SLICKENSIDES).

PERFIL 11



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 29/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0410219/3098149

PERFIL COLETADO: EM TERRAÇO DO LAGO FUNDO DO VALE COM CAMPO DE SANIONIA. SOBRE SEDIMENTOS DE ANDISITOS E CINZAS.

ALTITUDE: 68M

FORMAÇÃO GEOLÓGICA:

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: MAL DRENADO.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS TAPETES DE SANIONIA.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H	0 - 5 CM; ABRUPTA; 5.7°C.
PAVIMENTO PEDREGOSO	5 - 15 CM; ABRUPTA; 2.3°C.
2C	15 - 20 CM; ABRUPTA; 0.6°C.
H	0 - 5 CM; CLARA;
TEFRA	5 - 7 CM; ABRUPTA
2C	10 - 20 CM;
2H	20 - 35 CM;
TEFRA	35 - 45 CM;
OBS.:	PARECE TER SIDO UM FUNDO DE VALE QUE TEVE DEPOSIÇÃO DE CINZAS VULCÂNICAS EM DOIS MOMENTOS DIFERENTES, SEGUIDO DE UMA COBERTURA DE PEDRAS E POSTERIORMENTE COLONIZADO POR SANIONIA. HORIZONTE H. “CAMADINHA DE TEFRA”. PAVIMENTO PEDREGOSO (5CM). - 2H – CAMADA DE MUSGO MUITO INTACTA (5CM). - PAVIMENTO PEDREGOSO (2 CM) - TEFRA A (15 CM)

PERFIL 12



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 29/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409744/30976941

PERFIL COLETADO: PERFIL COLETADO EM TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO SOBRE SEDIMENTO (TILL) DE ANDESITO COM DOIS NÍVEIS DE FOSFATIZAÇÃO.

ALTITUDE: 11 M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MODERADAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): MODERADA

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: LIQUENS, ÚSNEAS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

AC	0-10 CM; CLARA
C1	10-30 CM; ABRUPTA
2 A 2	2 CM;
C2	30-40 CM; CLARA
CR3	40-60 CM;
OBS.:	POSSÍVEL FOSFATIZAÇÃO ANTIGA EM TERRAÇO. DOIS NÍVEIS (?). CR3 – SEIXOS ROLADOS GRANDES COM FOSFATO (NÃO COLETADO) 2 AMOSTRAS MICRO. 1 AMOSTRA OSSO. -FOI OBSERVADO EXISTÊNCIA DE ÚSNEAS. -PAVIMENTO PEDREGOSO.

PERFIL 13



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409814/3097763

PERFIL COLETADO: EM TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO COM CAMPO DE LIQUENS E ÚSNEAS EM SOLOS POLIGONAIS COM FOSFATIZAÇÃO (?). SOBRE SEDIMENTOS MARINHOS E ANDESITO.

ALTITUDE: 35 M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MODERADAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS E LIQUENS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

AC	3-15 CM; GRADUAL; 0.9°C.
C1	15-30 CM; CLARA; 2.5°C.
CR2	30-20 CM; 2.9°C.
OBS.:	NÍVEL DE TERRAÇO SUPERIOR A P12. NÍVEL FREÁTICO SUPERIOR. HORIZONTE ARENOSO COM MENOR PROPORÇÃO DE MATERIAL FINO. NÍVEL ENTRE P12 E P14 (ALTITUDE). COLETOU-SE 1 AMOSTRA DE MICRO AC/C1. OBSERVOU-SE ÚSNEAS. PAVIMENTO PEDREGOSO. –AC. -C – ARENOSO. CR- CASCALHENTO COM COMUNS CALHAIS E RAROS MATAÇÕES.

PERFIL 14



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409922/3097809

PERFIL COLETADO: PERFIL COLETADO EM ANTIGO TERRAÇO MARINHO, ACIMA DO P13 E ABAIXO DO P09. FOSFATIZADO (?). SOBRE SEDIMENTOS ANDESITO.

ALTITUDE: 42M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MODERADAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

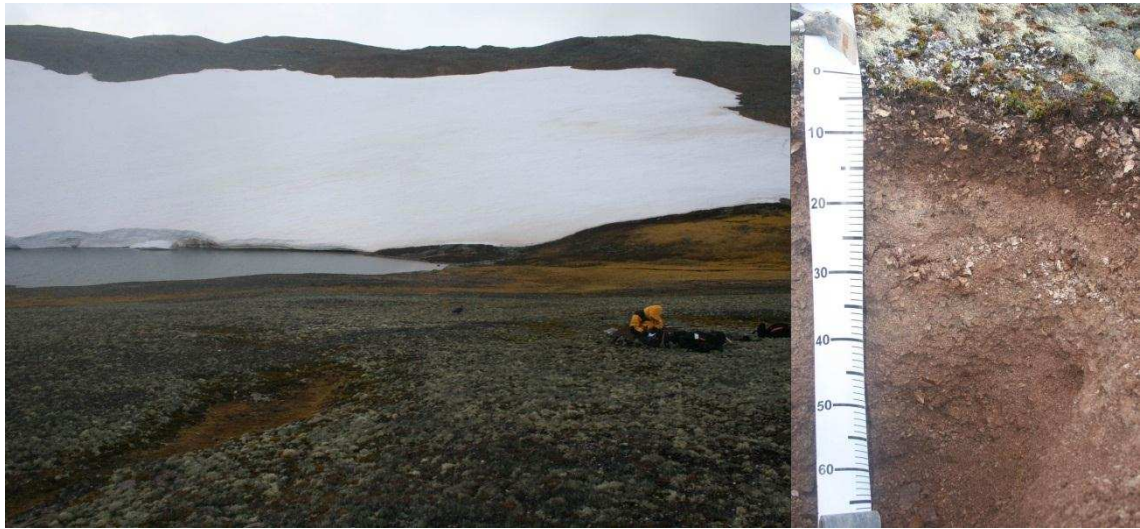
EROSÃO (GRAU, TIPO): MODERADA.

DRENAGEM: ACENTUADAMENTE DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	0 - 10 CM; 1.4°C.
A	10 - 20 CM; 2.2°C.
C1	20 - 45 CM; 3.8°C.
C2	45 - 60 CM;
OBS.:	TERRAÇO MARINHO ANTIGO COM CLASTOS ARREDONDADOS. MATERIAIS FRAGMENTADOS POR EFEITO DA CRIOCLASTIA. CAMADA COM GRÃOS FOSFATIZADOS (?) ESBRANQUIÇADO. HORIZONTE A- MUITO PEDREGOSO C1 E C2 COM CASCALHOS E MATAÇÕES.

PERFIL 15



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409439/ 3097844

PERFIL COLETADO: EM ANTIGO TERRAÇO MARINHO COM POSSÍVEL FOSFOTIZAÇÃO SOBRE SEDIMENTOS DE ANDESITO PIRITIZADO.

ALTITUDE: 26M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	3 - 0 CM; 0.7°C.
A	0 - 5 CM; 2.5°C.
C1	5 - 10 CM; 3.8°C.
C2	10 - 70 CM;
OBS.:	COLETA EM ÁREA DE ANTIGO TERRAÇO MARINHO. POSSÍVEL FOSFATIZAÇÃO SOBRE MATERIAL PIRITIZADO. PRESENÇA DE GELO A 70 CM. TEMPERATURA MEDIA DE 0.7°C. C1: ESBRANQUIÇADO

PERFIL 16



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM 0408038/ 3098267

PERFIL COLETADO EM: ANTIGA PINGUINEIRA; DOIS NÍVEIS MAIS ELEVADOS QUE A PINGUINEIRA ATUAL. SOBRE ANDESITOS PIRITIZADOS E FOSFATIZADO.

ALTITUDE: 66M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: BEM DRENADO.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ALGA PRASIOLA ABUNDANTE.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	2 - 0 CM; CLARA
A	0 - 2 CM; ABRUPTA
BC	2 - 7 CM;
C	7 - 25 CM;
OBS.:	PERFIL COM MUITO MATERIAL FINO. ÁREA DE ANTIGA PINGUINEIRA. INCOMPATÍVEL COM O QUE FOI COLETADO ATE ENTÃO. HORIZONTE BC COM DESENVOLVIMENTO DE ESTRUTURA INCIPIENTE. NIDIFICAÇÃO SUBATUAL. COLETOU-SE 1 AMOSTRA MICRO BC.

PERFIL 17



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407911/3098406

PERFIL COLETADO: EM NÍVEL MAIS ALTO DE PINGÜINEIRA (ABANDONADO).

ALTITUDE: 86M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: MUSGO (DENSO)

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H1	0 - 10 CM; GRADUAL E ONDULADA; 0.3°C.
H2	10 - 40 CM; CLARA E ONDULADA; 0.4°C.
H3	40 - 70 CM; GRADUAL E ONDULADA; 2.8°C.
CR	70 +; ONDULADA;
OBS.:	COBERTURA VEGETAL FUNCIONA COMO UM PODEROSO ISOLANTE TÉRMICO. PAVIMENTO ROCHOSO A 70 CM. H1 MUITO FIBRICO (NÃO COLETADO). GRADAÇÃO DE HUMIFICAÇÃO DA SUPERFÍCIE. -ÚSNEAS. -H1 – MUITO FIBRICO. -H2 – FIBRICO. -H3 – MAIS HUMIFICADO.

PERFIL 18



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 30/01/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407906/3098403

PERFIL COLETADO: NÍVEL MAIS ALTO DE PINGÜINEIRA EM CAMPO DE MUSGO ÁREA PRÓXIMA A P17, PORÉM.

ALTITUDE: 83M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: NÃO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: NÃO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: IMPERFEITAMENTE DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H1	0 - 20 cm; 0.1°.
H2	20 - 30 cm;
CR	30 - 40 cm;
OBS.:	PERFIL COLETADO EM ÁREA MAIS ALTA DE PINGUINEIRA. PINGUINEIRA (ABANDONADA). ÁREA MAIS TERROSA COM ACUMULAÇÃO DE MATERIAL FINO. MATERIAL MUITO MAIS ESTÁVEL HUMIFICADO, MESMO EM SUPERFÍCIE, GRANDE. ÁREA MUITO VEGETADA COM CAMPO DE MUSGOS.

PERFIL 19



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0410160/3097981

PERFIL COLETADO: EM PLATAFORMA ELEVADA COM CAMPO DE LIQUENS E ÚSNEAS. MAIS NO CENTRO DO PLÂTO.

ALTITUDE: 81M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	20 - 0 CM; GRADUAL; 1.0°C
AC	0 - 30 CM; GRADUAL; 3.6°C
C2	30 - 50 CM; 3.5°C.
OBS.:	UMIDADE DE C2 ATRIBUÍDO AO DEGELO DA NOITE ANTERIOR- SOLO BEM DRENADO. SEIXOS ANGULOSOS. MATERIAL EM SUBSUPERFICIE, COLORAÇÃO ESBRANQUIÇADA. PRESENÇA DE ÚSNEAS. PAVIMENTO PEDREGOSO. CR

PERFIL 20



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0410154/3097960

PERFIL COLETADO: EM PLATAFORMA ELEVADA SOBRE LIQUENS (MAIS NA BORDA).

ALTITUDE: 77M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA.

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO.

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE.

DRENAGEM: BEM DRENADO.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	5 - 0 CM;
A	0 - 10 CM;
CR	10 - 30 CM;
OBS.:	COLETA EM PLATAFORMA ELEVADA. ÁREA COM MUITOS LÍQUENS. COLORAÇÃO MUITO AVERMELHADA. PAVIMENTO PEDREGOSO BEM MENOR QUE P19.

PERFIL 21



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409460/3097897

PERFIL COLETADO: EM TERRAÇO NA BORDA COM O LAGO. SOBRE SEDIMENTO DE ANDESITO.

ALTITUDE: 29M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): 70CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSA.

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: MAL DRENADO.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-5 CM; 0.1°C
C1	5-15 CM; 1.2°C
C2	15-20 CM; 4.5°C
C3	20-35 CM; 5.8°C
C4	35-50 CM;
C5	50-60 CM;
C6	60-100 CM;
OBS.:	COLETA EM ÁREA DE TERRAÇO. CAMADA DE TEFRA SIMILAR. SEDIMENTO CONGELADO. C6- CONGELADO A 70 M. COLETOU-SE 2 AMOSTRAS DE MICRO. 1 OSSO: TOPO C5- MARROM. 1 OSSO: MEIO C6 CINZA

PERFIL 22



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 04007860/3098319

PERFIL COLETADO: EM SEGUNDO NÍVEL DE PINGÜINEIRA ABANDONADO, ANTES DO P17 E P18.

ALTITUDE: 47M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): 50CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

DRENAGEM: MODERADAMENTE DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: PRASIOLA

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

H1	0-8 CM; ABRUPTA; 0.1°C
H2	8-45 CM; CLARA; 0.6°C
H3	45-50 CM; 2.9°C
OBS.:	COLETA EM ÁREA DE PINGÜINEIRA ABANDONADA. CAMADA DE MUSGOS EM SUPERFÍCIE. OBSERVOU-SE INDÍCIOS DE FOSFATIZAÇÃO.

PERFIL 23



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407827/3098266

PERFIL COLETADO: EM PINGUINEIRA SUB ATUAL COM ALGA PRASIOLA.

ALTITUDE: 41M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: LIGEIRAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): MODERADA

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: PRASIOLA.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A1	0 - 5 CM; GRADUAL E ONDULADA; 1.7°C.
A2	5 - 20 CM; CLARA.
C	20 - 60 CM;
OBS.:	COLETA EM NÍVEL DE PINGUINEIRA ABANDONADA. ÁREA ACIMA DA PINGUINEIRA ATUAL. NÃO OBSERVOU-SE COBERTURA DE MUSGO COMO P22.

PERFIL 24



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 01/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM:

PERFIL COLETADO: EM POLÍGONO TERROSO EM PLATAFORMA ELEVADA SOBRE ANDISITO PIRITIZADO.

ALTITUDE: M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSO.

ROCHOSIDADE: LIGEIRAMENTE ROCHOSO.

RELEVO LOCAL: PLANO (< 3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO (GRAU, TIPO): NÃO APARENTE.

DRENAGEM: MAL DRENADO.

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS VERDE E PRETO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

OBS.:	T1- 19 CM	
	T2- 30	UM 1 30 CM
	T3- 75/80	UM 2 75/80 CM
COLETA EM ÁREA DE SOLOS POLIGONAIS.		
OBSERVOU-SE MAIOR QUANTIDADE DE PARTÍCULAS FINAS NO CENTRO DO POLÍGONO.		
ÁREA PRÓXIMO AO LOCAL DE INSTALAÇÃO DO SENSOR.		
EXISTÊNCIA DE MUITOS LÍQUENS.		
ÁGUA MINANDO NA BASE DO PERFIL.		

PERFIL 25



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407776/3098876

PERFIL COLETADO: POLÍGONO EM PLATAFORMAS ELEVADAS.

ALTITUDE: 108 M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: EXTREMAMENTE PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): MODERADA

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: ÚSNEAS PRETO-RAROS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

PAVIMENTO PEDREGOSO	0 - 25/30 CM; 0.1°C
	1.2 °C
	2.1°C
OBS.:	T5-> 75 CM 180 UNIDADE 4-> 75/80 T4-> 30 CM UNIDADE 3-> 30 CM COLETA EM PLANALTO. ÁREA DO SENSOR COM POLÍGONO PEDREGOSO. EM PROFUNDIDADE SE TEM AUMENTO DE PARTÍCULAS FINAS. OBSERVOU-SE EXISTÊNCIA DE ÚSNEAS.

PERFIL 26



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0409012/3100637

PERFIL COLETADO: SAPROLITO DE GRANODIORITO EM TERRAÇO MARINHO.

ALTITUDE: 2M.

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSO.

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSO.

RELEVO LOCAL: ONDULADO.

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): MUITO ERODIDO.

DRENAGEM: MAL DRENADO.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

OBS.:	SAPROLITO ALTERADO? ÁREA DE TERRAÇO MARINHO. MATERIAL EXTREMAMENTE ALTERADO, OXIDADO, TERROSO. NA BASE FORMA UM MATERIAL MAIS PÁLIDO (CAULINITA?). MATERIAL TODO DERIVA DE ENCOSTA DE SOLIFLUXÃO À MONTANTE. ÁREA POUCO ESTÁVEL. MUITO ERODIDA LIMITADO POR DRENAGENS DE DEGELO. 1- 160-180. 2- 142-160 3- 0-10 (TERROSO) 4- ROCHAS ABAIXO DE 180 CM 5- 10-20 (MATERIAL MUITO SUAVE INTEMPERISMO DO CONGLOMERADO).
-------	---

PERFIL 27



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0408549/3100544

PERFIL COLETADO: EM PLATAFORMA MEDIA SOBRE TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO.

ALTITUDE: 31M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: PLANO (<3%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): NÃO APARENTE

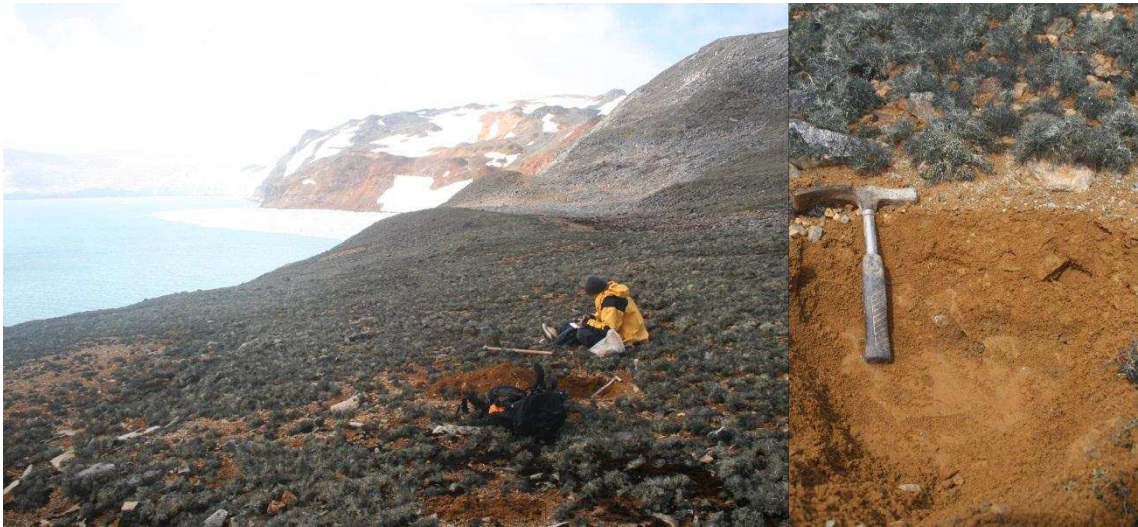
DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: COLÔNIAS DE LIQUENS VERDES E MUSGO PRETO.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

1 AMOSTRA COLETADA.	0 - 20 cm; 3.9°.
OBS.:	ÁREA DE PLATAFORMA MÉDIA. TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO. MATERIAL TERROSO DE 20 CM, SOBRE ROCHA FRESCA. MUITO AMARELADO (OXIDADO). POSSIVELMENTE DERIVADO DE ROCHA RICA EM SULFETOS. CONTATO LÍTICO A 20 CM.

PERFIL 28



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407960/3100018

PERFIL COLETADO: EM TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO.

PRIMEIRO NÍVEL COM MUSGOS E LIQUENS, SOBRE SEDIMENTOS DE ANDESITO PIRITIZADOS. CAMPO DE POLÍGONOS INSTABILIZADOS PELA EROSIÃO.

ALTITUDE: 11M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: ROCHOSA

RELEVO LOCAL: SUAVE ONDULADO (3-8%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): Ligeira

DRENAGEM: BEM DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0 - 5 cm; 3.1°C
C1	5 - 25 cm; 7.0°C
OBS.:	COLETA EM TERRAÇO MARINHO SOERGUIDO. SOLO MUITO AMARELADO (OXIDADO). ÁREA DE ANDESITO PIRITIZADO. GRANDE QUANTIDADE DE PARTÍCULAS FINAS. VEGETAÇÃO NAS BORDAS DOS CÍRCULOS. C1- COM SEIXOS ROLADOS.

PERFIL 29



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0408496/3099264

PERFIL COLETADO: EM PLATAFORMA ELEVADA EM CAMPO DE SOLOS POLIGONAIS COM LIQUENS, MUSGOS. MAIS COLONIZADO QUE ÁREAS AO ENTORNO.

ALTITUDE: 180M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: (%)

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: MAL DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0-5 cm; 3.9°C.
A2	5-15 cm; 0.4°C.
C	15-50 cm; 0.3°C.
OBS.:	PLANALTO ELEVADO. CAMPO COM SOLOS POLIGONAIS. MUITO ROCHOSO E MUITO PEDREGOSO. ÁREA DE POSSÍVEL SEDIMENTO TERRAÇO MARINHO(?). OS SEIXOS SÃO MENOS ANGULOSOS, MAL DRENADO (SATURADO COM ÁGUA). AUMENTA A PEDREGOSIDADE EM PROFUNDIDADE. ÁREA COM GRANDE ACUMULO DE MATÉRIA ORGÂNICA.

PERFIL 30



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR.

PERFIL COLETADO: EM PLATAFORMA MEDIA EM CAMPO DE SOLOS POLIGONAIS.

ALTITUDE: 525 M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: PEDREGOSO

ROCHOSIDADE: ROCHOSO

RELEVO LOCAL: ONDULADO

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: MAL DRENADO

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

OBS.:	COLETOU-SE 2 AMOSTRAS PARA CARACTERIZAR A ÁREA. PLATAFORMA MÉDIA. CAMPO COM SOLOS POLIGONAIS. POLÍGONO COM INFLUENCIA DE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO (0 – 10 CM). ÁREA MAL DRENADA.
-------	--

PERFIL 31



DESCRIÇÃO GERAL

DATA: 03/02/2012.

LOCALIZAÇÃO, MUNICÍPIO, ESTADO E COORDENADAS: PENÍNSULA DE BARTON, ANTÁRTICA PENINSULAR. UTM: 0407432/3099459

PERFIL COLETADO: EM TERRAÇO MARINHO.

ALTITUDE: 51M

PROF. LENÇOL FREÁTICO (PERMAFROST): CM

PEDREGOSIDADE: MUITO PEDREGOSA

ROCHOSIDADE: MUITO ROCHOSA

RELEVO LOCAL: ONDULADO

RELEVO REGIONAL: MONTANHOSO (CONSIDERANDO TODA A PENÍNSULA – HORST DE BARTON).

EROSÃO(GRAU, TIPO): LIGEIRA

DRENAGEM: BEM DRENADO

VEGETAÇÃO PRIMÁRIA: LIQUENS E MUSGOS.

DESCRIÇÃO MORFOLÓGICA

A	0 - 15 cm; 3.0°C.
C	15 - 40 cm; 6.7°C.
OBS.:	ÁREA DE TERRAÇO MARINHO. OBSERVOU-SE SEIXOS ARREDONDADOS NA SUPERFÍCIE. MUITO ROCHOSO MUITO PEDREGOSO. PRESENÇA DE SEIXOS GRANDES EM PROFUNDIDADE (CALHAUS). ÁREA BEM DRENADA E COM LÍQUENS.