

Processos específicos de formação do solo na Península Barton, Antártica marítima⁽¹⁾.

Mayara Daher de Paula⁽²⁾; Katia Karoline Delpupo Souza⁽³⁾; Danielle Lopes Magalhães Dias⁽⁴⁾; Felipe Nogueira Bello Simas⁽⁵⁾; Carlos Ernesto Gonçalves Reynaud Schaefer⁽⁶⁾.

⁽¹⁾ Trabalho executado com recursos do CNPq;

⁽²⁾ Geógrafa, Mestranda do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas; Departamento de Solos; Universidade Federal de Viçosa (UFV); Viçosa, MG; mayara.daher@gmail.com; ⁽³⁾ Geógrafa, Doutoranda do Programa de Pós-graduação em Solos e Nutrição de Plantas da UFV; ⁽⁴⁾ Graduanda em Eng. Agrônoma, Bolsista de Iniciação Científica do CNPq; ⁽⁵⁾ Eng. Agrônomo, Pós-doutorando Júnior do CNPq; ⁽⁶⁾ Professor Adjunto do Departamento de Solos da UFV.

RESUMO: Os solos congelados na Antártica, em especial na Antártica marítima, estão entre os menos estudados. Os objetivos desse trabalho foram identificar os tipos de solos encontrados na Península Barton; caracterizá-los sob os aspectos físicos e químicos e classificá-los nos sistemas *Soil Taxonomy* e WRB. Trinta e três perfis foram coletados e divididos em três grupos. A partir desses grupos de solos, três perfis representativos de cada um foram escolhidos para o presente estudo. A crioturbação é um fenômeno que ocorre intensamente neste local, o perfil sulfatado possui baixos valores de pH e altos valores de Al^{3+} ; o perfil ornitogênico possui baixos valores de pH, altos teores de P e Al^{3+} , distrofismo e teores de MO mais elevados entre os três perfis; enquanto o perfil basáltico/andesítico apresenta altos teores de pH, Ca^{2+} e Mg^{2+} e são solos eutróficos. A formação dos diferentes pedoambientes na Península está intimamente condicionada a influência do material de origem, sua natureza e constituição.

Termos de indexação: Pedogênese, Solos sulfatados, Solos ornitogênicos.

INTRODUÇÃO

A Antártica é o quinto maior continente do planeta com área de aproximadamente 14 milhões de km^2 e contém cerca de 90% do gelo do mundo. A formação de solo na Antártica está restrita a menos de 2% do continente ($45.000 km^2$), abrangendo áreas livres de gelo localizadas na costa e nos vales glaciais secos entre as montanhas transantárticas (Campbell & Claridge, 1987; Bockheim, 1997).

Comparado ao amplo conhecimento do desenvolvimento de solos do hemisfério norte, os ecossistemas terrestres da Antártica são ainda pouco estudados. No entanto esse cenário vem mudando com o incremento de pesquisas desta área do conhecimento sobretudo para solos da Antártica marítima.

Nesse sentido, esse trabalho se propõe a identificar os diferentes tipos de solos encontrados

na Península Barton; caracterizá-los sob aspectos físicos e químicos a fim de entender os processos pedogenéticos envolvidos na formação dos diferentes pedoambientes da Península; e classificá-los de acordo com os sistemas de classificações *Soil Taxonomy* e *World Reference Base for Soil Resources*.

MATERIAL E MÉTODOS

A Península Barton ($62^{\circ}14'S$ $58^{\circ}46'W$) está localizada a sudoeste da Ilha Rei George e faz parte das Ilhas Shetland do Sul, Antártica marítima. Possui uma área de aproximadamente $12 km^2$ e abriga a estação de pesquisa Coreana "King Sejong".

Trinta e três perfis foram coletados em Fevereiro de 2012 e analisados posteriormente. Baseado em suas características físicas e químicas esses perfis foram divididos em três grupos: solos sulfatados, solos ornitogênicos e solos basálticos/andesíticos. A partir desses grupos de solos, três perfis representativos de cada um foram escolhidos para o presente estudo.

Os perfis foram classificados segundo a *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff, 2010), denominada (SSSA, 2010) e pelo sistema de classificação *World Reference Base for Soil Resources* (WRB), denominada (IUSS, 2006).

Procedeu-se à caracterização química, conforme Defelipo & Ribeiro (1981) e física, por métodos propostos por Gee & Bauder (1986). O C orgânico total foi determinado em amostras de solo $<0,149 mm$ via combustão seca (CHNS/O).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características Gerais

Dos três perfis coletados, dois possuem *permafrost* dentro dos 100 cm, sendo, portanto, enquadrados na ordem dos *Gelisols* (SSSA, 2010) e *Cryosols* (IUSS, 2006). Devido à ocorrência de crioturbação nas áreas em que os solos foram coletados, esses foram classificados dentro da subordem *Turbels* (SSSA, 2010), que corresponde a

Turbic Cryosols (IUSS, 2006). O outro perfil não possui *permafrost* dentro da seção de controle devido a pouca profundidade, sendo, portanto, classificado como *Entisols* e *Leptosols*, segundo os sistemas de classificação *Soil Taxonomy* e WRB, respectivamente.

Os ciclos de congelamento e descongelamento da camada ativa favorecem a crioturbação e a formação de feições típicas, como os solos com padrões (Bockheim & Tarnocai, 1998). A crioturbação é um fenômeno que ocorre intensamente neste local e é um dos mais importantes fatores pedogenéticos dessa região, assim como nas demais áreas da Antártica marítima. A formação de círculos ordenados e listras nos solos, horizontes quebrados ou irregulares, orientação vertical das rochas dentro do perfil, movimentação e incorporação da matéria orgânica em subsuperfície, são características observadas nos solos da Península Barton e também bastante associadas ao processo de crioturbação (*Soil Survey Staff*, 2010).

A granulometria dos solos é relativamente uniforme dentro dos perfis devido ao intenso processo de crioturbação, com altas proporções de partículas maiores que 2 mm, que resultam na textura arenosa-esquelética, característica recorrente na Antártica Marítima (Michel et al., 2006; Simas et al., 2008)

Os atributos físicos e químicos de cada solo, representativos de cada grupo, estão na **tabela 1** e **tabela 2** respectivamente. As fotos dos perfis representativos de cada grupo estão na **figura 1**.

Solo Sulfuric Aquiturbels

A formação de solos ácidos sulfatos é resultado da drenagem de materiais de origem que são ricos em pirita. Quando expostos a condições oxidantes, a pirita é oxidada formando ácido sulfúrico, caracterizando assim o principal processo pedogenético ocorrente nessas áreas, denominado de sulfurização (Dent, 1986; Fanning & Fanning, 1989).

Representa o perfil com textura mais fina dentre os solos estudados, apresentando classe textural franco-argilosa (**Tabela 1**). O alto teor de partículas finas nesse solo é relacionado ao maior grau de desenvolvimento pedogenético, já que possuem importantes fontes de acidez e o intemperismo químico é mais ativo.

Os baixos valores de pH (<4,7), a cor amarelada dentro do perfil, os altos teores de Al^{3+} , os baixos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} (**Figura 1, Tabela 2**) caracterizam a influência da sulfurização para a formação desse solo.

O perfil desse grupo foi classificado como Turbithionic Cryosols pela WRB, e Sulfuric Aquiturbels pela *Soil Taxonomy*.

Solo "Ornithogenic" Lithic Cryorthent

Os solos ornitogênicos são formados a partir da deposição de material orgânico pelas aves marinhas, notadamente pinguins, além de outras aves como os pétreus e skuas. As principais fontes de material orgânico são: guano, urina, penas, casca de ovos, conchas e restos animais e vegetais (Ugolini, 1972; Tatur, 1989; Michel et al., 2006).

O perfil em questão localiza-se em área de pinguineira ativa, ou seja, apresenta contínua deposição do guano fresco, sobre material sulfetado. Possui assim características semelhantes aos solos ornitogênicos de outras áreas da Antártica marítima, como: baixos valores de pH (<3,5), altos teores de P e Al^{3+} , distrofismo e teores de matéria orgânica mais elevados entre os três perfis, já que esses solos são um importante reservatório de C orgânico (Schaefer et al., 2004; Michel et al., 2006; Simas et al., 2008; Resk, 2011) (**Figura 1, Tabela 2**).

Apesar do maior desenvolvimento pedogenético em função da acidez e intemperismo químico nos solos ornitogênicos, estes apresentam baixos teores de partículas finas (silte + argila). Isso se deve, possivelmente devido à acidólise de aluminossilicatos, que ocorre nestes solos através da acidez gerada pela decomposição microbiana do guano fresco que produz ácidos nítrico e sulfúrico (Tatur et al., 1997; Simas et al., 2008) (**Tabela 1**).

O perfil desse grupo foi classificado como Ornithic-gelic Leptosol (IUSS, 2006). A *Soil Taxonomy* não reconhece o caráter ornitogênico como caráter classificador, sendo sugerido, assim como em outros trabalhos realizados em áreas fostatizadas da Antártica (Tarnocai et al, 2004; Michel et al, 2006; Simas et al., 2008), a inclusão do caráter ornitogênico nesse sistema para o melhor enquadramento de solos fosfatizados. Dessa forma, o perfil aqui analisado seria classificado como "Ornithogenic" Lithic Cryorthent (SSSA, 2010).

Solo Lithic Haploturbels

Esses solos são formados sobre lavas andesíticas e basalto-andesíticas, em que a intensa crioturbação das áreas resultam na mistura desses materiais (**Figura 1**).

São os solos com os mais altos valores de silte, relacionado ao menor grau de desenvolvimento pedogenético, indicando portanto serem os solos mais jovens (**Tabela 1**).



Esse perfil apresenta altos teores de pH (>7,5), Na^{2+} , Ca^{2+} e Mg^{2+} , são solos eutróficos, com saturação por bases (V) superior a 90%. Esses valores são esperados para solos desenvolvidos sobre basaltos e andesitos nessa região e já foram reportado pela literatura (Simas et al., 2008; Francelino et al., 2011) (**Tabela 2**).

O perfil desse grupo foi classificado como Turbilithic Cryosols pela WRB, e Lithic Haploturbels pela *Soil Taxonomy*.

CONCLUSÕES

A formação dos diferentes pedoambientes na Península está intimamente condicionada a influência do material de origem, sua natureza e constituição.

O intemperismo químico atua mais ativamente para formação de solos nos sistemas ornitogênicos e sulfatados que nos sistemas alcalinos. Esses dois processos específicos de formação de solos representam importantes fontes de acidez para o sistema criogênico em estudo.

AGRADECIMENTOS

Ao CNPq pelo apoio financeiro ao projeto.

À FAPEMIG pelo apoio financeiro para a publicação do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BOCKHEIM, J.G. Properties and Classification of Cold Desert Soils from Antarctica. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 61:224-231, 1997.
- BOCKHEIM, J.G. & TARNOCAL, C. Recognition of cryoturbation for classifying permafrost-affected soils. *Geoderma*, 81:281-293, 1998.
- CAMPBELL, I.B. & CLARIDGE, G.G.C. Antarctica: soils, weathering processes and environment. Amsterdam: Elsevier, 1987. 406p.
- DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. Análise química de solo (metodologia). Viçosa, MG: UFV, 1981.17p
- DENT, D. Acid Sulphate Soils: A Baseline for Research and Development. Wageningen: ILRI, 1986. 203p.
- FANNING, D. S. & FANNING, M. C. B. Soil: Morphology, Genesis, and Classification. New York: John Wiley, 1989. 395p.
- FRANCELINO, M. R.; SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B. et al. Geomorphology and soils distribution under paraglacial conditions in an ice-free area of Admiralty Bay, King George Island, Antarctica. *Catena*, 85:194-204, 2011.
- GEE, G.W. & BAUDER, J.W. Particle-size analysis. In: Klute, A., ed. *Methods of soil analysis Part 1: Physical and mineralogical methods*. Madison: Soil Science Society of America, 1986. p.383-412.
- IUSS WORKING GROUP WRB. World reference base for soil resources 2006. *World Soil Resources Reports No. 103*. Rome: FAO, 2006.
- MICHEL, R.F.M., SCHAEFER, C.E.G.R., DIAS, L. et al. Ornithogenic Gelisols (Cryosols) from Maritime Antarctica: pedogenesis, vegetation and carbon studies. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70:1370-1376, 2006.
- RESCK, B.C. Química e Mineralogia de Solos Vulcânicos das Ilhas Deception e Penguin, Antártica Marítima. Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas - Universidade Federal de Viçosa, 2011. 47p.
- SCHAEFER, C.E.G.R.; SIMAS, F.N.B.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R. et al. Fosfatização: Processo de formação de solos na Baía do Almirantado e implicações ambientais. In: SCHAEFER, C.E.G.R.; FRANCELINO, M. R.; SIMAS, F.N.B. et al., ed. *Ecosistemas Costeiros e Monitoramento Ambiental da Antártica Marítima*. 2.ed. Viçosa: Neput – Departamento de Solos, 2004. p.47-59.
- SIMAS, F.N.B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F. et al. Genesis, properties and classification of Cryosols from Admiralty Bay, maritime Antarctica. *Geoderma*, 144:116-122, 2008.
- SSSA, Soil Survey Staff. *Keys to Soil Taxonomy*. 11.ed. Washington: USDA/NRCS, 2010.
- TARNOCAL, C.; BROLL, G.; BLUME, H.P. Classification of permafrost-affected soils in the WRB. In: Kimble, J.M. ed. *Cryosols – Permafrost-Affected Soils*. Berlin: Springer-Verlag, 2004. p. 637-657.
- TATUR, A.; MYRCHA, A.; NIEGODZISZ, J. Formation of abandoned penguin rookery ecosystems in the maritime Antarctic. *Polar Biol.* 17:405-417, 1997.
- TATUR, A. Ornithogenic soils of the maritime Antarctic. *Pol. Polar Res.* 4:481-532, 1989.
- UGOLINI, F.C. Ornithogenic soils of Antarctica. In: LLANO, G.A. ed. *Antarctic terrestrial biology*. Am. Geographies. Washington: Union Antact., 1972. p.181-193.



Figura 1 – Ambientes e perfis representativos de cada grupo de solos da Península Barton, Antártica. A) Ambiente *Sulfuric Aquiturbels*; B) Ambiente “*Ornithogenic*” *Lithic Cryorthent*; C) Ambiente *Lithic Haploturbels*; D) Perfil *Sulfuric Aquiturbels*; E) Perfil “*Ornithogenic*” *Lithic Cryorthent*; F) Perfil *Lithic Haploturbels*.

Tabela 1 – Características físicas dos perfis estudados na Península Barton, Antártica.

Hor	Prof cm	Areia grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe Textural
		dag.kg ⁻¹				
Perfil 1 - Solo <i>Sulfuric Aquiturbels</i>						
A1	0-5	43	9	30	18	Franco
2 A2	5-8	38	27	24	11	Franco-Arenosa
C	8-50	27	9	28	36	Franco-Argilosa
Perfil 2 - Solo “<i>Ornithogenic</i>” <i>Lithic Cryorthent</i>						
A	0-2	59	11	17	13	Franco-Arenosa
BC	2-7	50	14	23	13	Franco-Arenosa
CF	7-25	50	26	17	7	Franco-Arenosa
Perfil 3 - Solo <i>Lithic Haploturbels</i>						
C1	25-30	18	24	49	9	Franco-Siltosa
CR	70-75	27	16	44	13	Franco

Tabela 2 – Características químicas dos perfis estudados na Península Barton, Antártica.

Hor	Prof cm	pH		P	K ⁺	Na ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	SB	t	T	V	m	COT
		KCl	H ₂ O	mg/dm ³			cmol _c /dm ³					%				
Perfil 1 - Solo <i>Sulfuric Aquiturbels</i>																
A1	0-5	3,8	4,6	139,5	49,0	102,3	0,9	0,5	5,5	13,7	2,0	7,6	15,7	13,2	72,8	1,4
2 A2	5-8	3,9	4,4	157,2	59,0	110,2	1,4	0,3	2,3	14,8	2,4	4,7	17,2	14,0	49,4	4,4
C	8-50	3,6	3,8	13,7	24,0	14,6	0,2	0,0	4,0	9,2	0,4	4,4	9,6	4,5	90,3	0,4
Perfil 2 - Solo “<i>Ornithogenic</i>” <i>Lithic Cryorthent</i>																
A	0-2	3,5	5,3	454,5	255,0	211,2	1,7	1,6	1,2	23,8	4,9	6,2	28,7	17,3	20,4	9,2
BC	2-7	3,0	4,2	483,0	185,0	173,6	0,7	0,4	4,0	31,7	2,4	6,4	34,1	7,2	61,8	5,5
CF	7-25	2,9	3,9	649,5	128,0	91,0	0,6	0,4	6,0	27,0	1,7	7,8	28,7	6,2	77,3	1,6
Perfil 3 - Solo <i>Lithic Haploturbels</i>																
C1	25-30	5,7	7,8	39,4	191,0	310,2	11,6	6,9	0,0	1,8	20,5	20,5	22,3	91,9	0,0	0,8
CR	70-75	6,0	7,8	38,3	196,0	290,4	13,7	8,4	0,0	1,6	23,9	23,9	25,5	93,7	0,0	1,1