REDE
ISSN:1982-5528
Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
DOI: 10.22411/rede2019.1301.01

SOLOS DE BASALTO DA ANTÁRTICA: IMPLICAÇÕES PALEOCLIMÁTICAS AO LONGO DE UMA SEQUÊNCIA CLIMÁTICA

Soils on basalt from Antarctica: paleoclimates implications along a climosequence

Suelos de basalto de la Antártida: implicaciones paleoclimáticas a lo largo de una secuencia climática

Daví do Vale Lopes[1]
Rafael Gomes Siqueira[2]
Fábio Soares de Oliveira[3]
Elpídio Inácio Fernandes Filho[4]
Carlos Ernesto G. R. Schafer[5]
Gulherme Resende Corrêa[6]

RESUMO:

O arquipélago James Ross (JRI) representa uma transição climática entre a Antártica fria e seca, e a porção mais "úmida e quente" do continente, representada pelo Arquipélago das Shetland do Sul (SSI). JRI desperta interesse pelas suas condições climáticas singulares e paisagens de exceção. O objetivo deste trabalho foi analisar as implicações climáticas nas propriedades dos solos desenvolvidos de basalto no semiárido subpolar de JRI e na fria e "úmida" SSI. Baseado na morfologia, análises físicas e químicas registrou-se muitas diferenças nos solos desenvolvidos do mesmo material de origem nestas regiões. Identificou-se ocorrência de distintos processos pedogenéticos, os quais implicam em mudanças paisagísticas. Salinização é marcante em JRI. Melanização, podzolização e crioturbação são os principais processos identificados nas SSI. A condição climática mais amena nas SSI favorece a maior ocupação da fauna e flora, maior desenvolvimento dos solos, maior diferenciação entre horizontes e maiores teores de partículas finas.

Palavras-chave: Salinização; Melanização; Intemperismo; Permafrost; Crioturbação.

ABSTRACT:

James Ross Islands (JRI) represents a climate transition between cold and dry Antarctica, and the "wetter and hotter" portion of the continent, represented by the South Shetland Islands (SSI). JRI arouses interest in its unique weather conditions and exceptional landscapes. The purpose of this study was to analyze the climatic implications on soils properties developed on basalts in a semi-arid subpolar of JRI and in the cold and "wet" SSI, Antarctica. Based on morphology, physical and chemical analysis, there were many differences in soils developed from the same parent material in these regions. It was identified occurrence of different pedogenetic processes, which imply in landscape changes. Salinization is striking in JRI. Melanization, podzolization and cryoturbation are the main processes identified in SSI. The milder climatic condition in SSI favors greater occupation of fauna and flora, greater soil development, greater differentiation between horizons and higher fine particle content.

Keywords: Salinization, Melanization, Weathering, Permafrost, Cryoturbation.

[1]Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). davivlopes@hotmail.com
[2]Universidade Federal de Viçosa (UFV). rafael.geo.siqueira@gmail.com
[3]Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). fabiosolos@gmail.com
[4]Universidade Federal de Viçosa (UFV). elpidio@ufv.br
[5]Universidade Federal de Viçosa (UFV). carlos.schaefer@ufv.br
[6]Universidade Federal de Uberlândia (UFU). guilhermeudi@yahoo.com.br

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

RESUMEN:

El archipiélago James Ross (JRI) representa una transición climática entre la Antártida fría y seca, y la parte "más húmeda y más caliente" del continente, representada por el archipiélago de las Shetland del Sur (SSI). JRI despierta interés en sus condiciones climáticas únicas y paisajes excepcionales. El objetivo de este trabajo fue analizar las implicaciones climáticas en las propiedades de los suelos desarrollados a partir de basaltos en el semiárido subpolar de JRI y en la fría y "húmeda" SSI. Según la morfología, los análisis físicos y químicos, hubo muchas diferencias en los suelos desarrollados a partir del mismo material parental en estas regiones. Se identificó la ocurrencia de diferentes procesos pedogenéticos, que implican cambios en el paisaje. La salinización es sorprendente en JRI. La melanización, la podzolización y la crioturbación son los principales procesos identificados en SSI. La condición climática más suave en SSI favorece una mayor ocupación de la fauna y la flora, un mayor desarrollo del suelo, una mayor diferenciación entre horizontes y un mayor contenido de partículas finas.

Palabras-clave: Salinización; Melanización; Meteorización; Permafrost; Crioturbación.

1 INTRODUÇÃO

A Antártica é conhecida como o continente dos superlativos (mais alto, mais frio, mais ventoso e mais seco). Estas condições extremas retratam principalmente a Antártica Continental, onde destaca-se a atuação dominante dos processos de intemperismo físico. A Antártica Marítima apresenta clima menos severo, temperaturas mais elevadas e maiores índices de precipitação em forma líquida. Estas condições permitem o desenvolvimento de solos mais profundos, maior cobertura vegetal, e intemperismo químico mais significativo (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987).

Ao longo das últimas décadas, pesquisas científicas têm sido encaminhadas nas áreas livres de gelo da Antártica para a compreensão do desenvolvimento do intemperismo químico e físico, a gênese de solos, distribuição, extensão, interação com processos biológicos, aspectos relacionados com a presença e distribuição de sais, relação com o clima e material de origem (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987; LOPES et al., 2017; SCHAEFER et al., 2017, SIMAS et al., 2007, 2006, SOUZA et al., 2014, TATUR; MYRCHA, 1984, 1989).

O clima é o fator mais importante na determinação das propriedades dos solos da Antártica, pois domina e controla a velocidade dos processos, ficando os outros fatores tais como o tempo e material de origem subordinados a ele (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987). A Península Antártica marca a transição climática entre a porção marítima mais úmida e a região subpolar seca do continente. O lado ocidental da Península Antártica apresenta temperatura média do ar anual entre -2,7 e -3,4 °C, com um máximo de 2 meses com temperaturas acima de 0 °C, e precipitação média anual entre 400 e 800 mm, com alguma precipitação líquida (SCHAEFER et al., 2015). Em contraste, o lado oriental apresenta temperatura entre -5,5 e -9,4 °C, sem temperatura mensal acima de zero, e precipitação entre 200 e 250 mm, os quais caem em forma de neve (SCHAEFER et al., 2015). O arquipélago James Ross, localizado no setor do Mar de Weddell representa esta transição climática e desperta interesse pelas suas condições climáticas singulares e paisagens de exceção.

Esta pesquisa tem como objetivo analisar as implicações climáticas nas propriedades dos solos desenvolvidos sob o mesmo material de origem (rochas basálticas) no ambiente semi-árido

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

subpolar do Arquipélago James Ross, no setor ocidental da Península Antártica, e no frio e "úmido" Arquipélago das Shetland do Sul, localizado na Antártica Marítima.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Área de estudo

Neste estudo comparou-se duas áreas representativas de diferentes condições climáticas na Antártica: A Ilha Snow (SW), localizada no Arquipélago das Shetland do Sul (SSI) e a Ilha Vega (VG), localizada no Arquipélago de James Ross (JRI) (FIGURA 1).

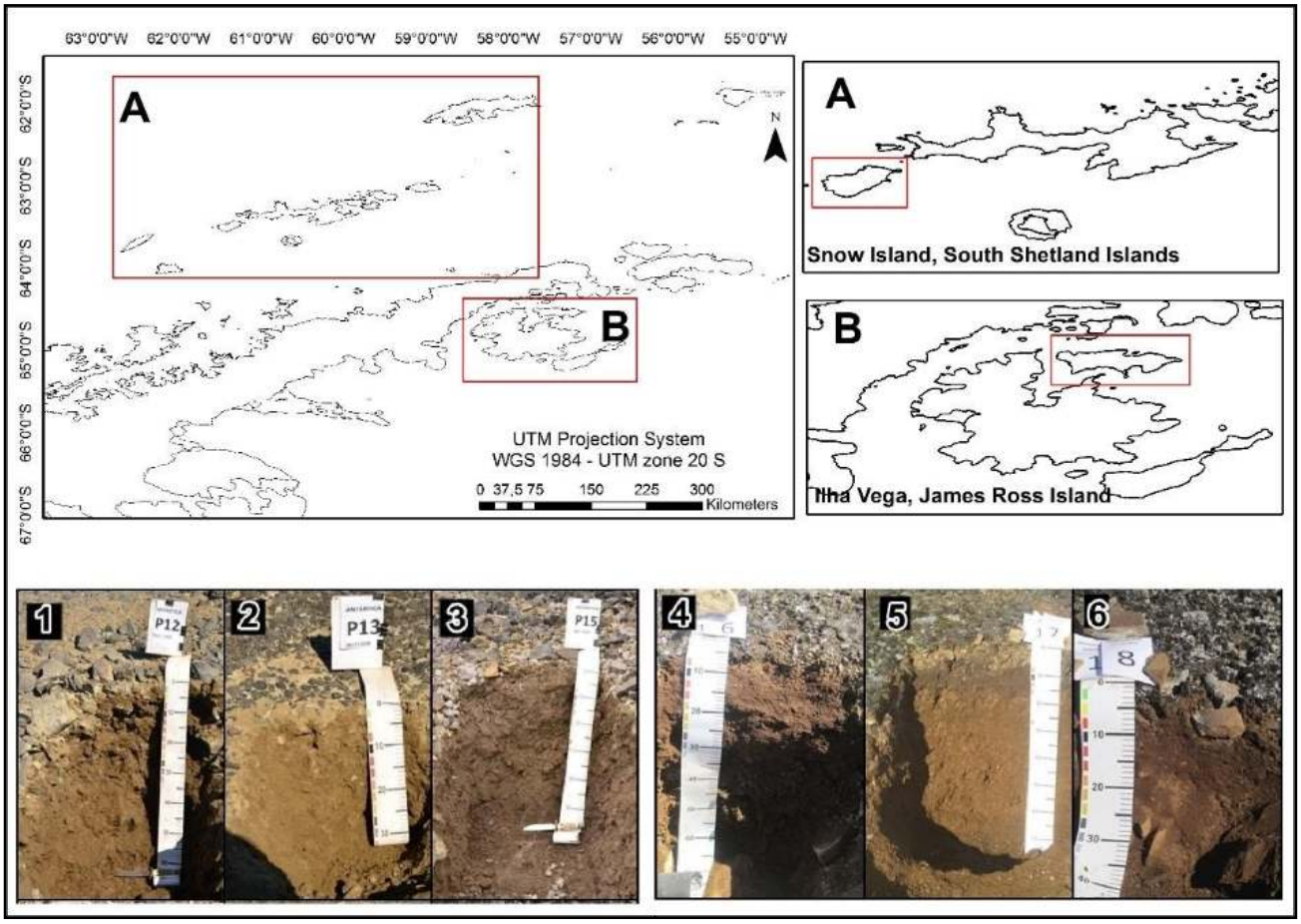


Figura 1: Localização dos Arquipélagos das Shetland do Sul (SSI) e James Ross (JRI) na Antártica. A – Ilha Snow nas SSI (4, 5 e 6 perfis). B – Ilha Vega em JRI (1, 2 e 3). **Fonte**: Elaborado pelos autores.

A Ilha Snow localiza-se na zona marítima subantártica (fria e úmida), temperatura do ar média anual de -2,8 °C e precipitação anual entre 500 e 800 mm (2002-2010) (BAÑÓN et al., 2013). A presença da fauna Antártica (aves e mamíferos), associado à água líquida de degelo são fatores importantes para estes ecossistemas terrestres e para os processos pedológicos e geomorfológicos da área. A Ilha apresenta ocorrência de afloramentos do Mesozóico, com presença de rochas fossilíferas Juro-cretácea (SMELLIE et al., 1984). Podem ser encontradas arenitos, siltitos, mudstones e conglomerados

(HATHWAY; LOMAS, 1998; SMELLIE et al., 1984). Na parte leste da Península President Head são encontradas rochas vulcânicas como basalto e andesito (SMELLIE et al., 1984). Nas SSI a ocorrência de permafrost é esporádica ou inexistente abaixo de 20 m acima do nível do mar, sendo descontínuo entre 30 e 150 m de altitude (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990; LOPEZ-MARTINEZ et al., 2012).

A Ilha Vega localiza-se a nordeste da Península Antártica, região do Mar de Weddell, apresenta clima seco e frio, típico de deserto subpolar, com temperatura média anual de -4,5°C (ERMOLIN; DE ANGELIS; SKVARCA, 2002). Em Cape Lamb, localizado no sudoeste da Ilha Vega, a geologia é formada por uma extensa sequência de arenitos, siltitos e mudstones marinhos, de idade Cretácea (PIRRIE, 1994; PIRRIE; CRAME; RIDING, 1991), sobreposta por rochas de idade Miocênica do Grupo Vulcânico James Ross, composto por olivina-basaltos, brechas hialoclásticas e tufos vulcânicos (NELSON, 1975; DEL VALLE; FOURCADE; MEDINA, 1982). A Ilha Vega, assim como as ilhas vizinhas, apresentam permafrost contínuo, o que acarreta em diversas implicações paisagísticas. A geomorfologia da área destaca-se por extensos platôs sustentados por rochas vulcânicas nas partes superiores.

2.2 Classificação dos solos e análises físicas e químicas

Foram selecionados 6 perfis de solos desenvolvidos de basalto (3 no Arquipélago James Ross e 3 nas Shetland do Sul). Os solos foram classificados de acordo com a Soil Taxonomy (SSS, 2014). As amostras foram secas, destorroadas e peneiradas (malha de 2 mm). Separou-se as frações granulométricas pelo método da centrífuga com uso de solução de Na2CO3 em pH 9,5 como dispersante.

O pH, nutrientes trocáveis e textura foram determinados em amostras de terra fina seca ao ar (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 elementos (Al3+, Ca2+ e Mg2+) 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; BREMNER, 1988).

2.3. Teores elementares

Os teores elementares de Al, Ca, Fe, K, Mg, Na, Si, Ti, Co, Cr, Cu, Mn, P, Pb e Zr foram determinados com Espectrômetro de Fluorescência de Raio-X (modelo Shimadzu µEDX-1300). As amostras foram peneiradas (200 mesh) e prensadas para montagem de pastilhas. Os dados de cada metal foi obtido a partir de 1200 pontos, com raio de incidência de 50 µm diâmetro. A acurácia foi calibrada com uso de amostras de referências. O índice de alteração química (CIA) foi calculado baseado na fórmula:

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

$$CIA = (Al2O3)/Al2O3 + CaO* + Na2O + K2O) * 100$$

O CIA é baseado assumindo que o processo dominante durante o intemperismo químico é de degradação do feldspato e formação de minerais de argila, com lixiviação de Na, K e Ca e concentração de Al (NESBITT; YOUNG, 1982).

Os três solos analisados em JRI foram classificados como Entisols (SSS, 2014), enquanto que nas SSI foram um Entisol, um Inceptisol e um Gelisol (SSS, 2014). Todos os solos de JRI apresentarm estrutura em grãos simples, pouca diferenciação entre horizontes, com transição predominantemente gradual e plana, elevado teor de fração grossa (entre 0,45 a 0,76 kg.kg), baixo teor de partículas finas (silte + argila) (entre 0,19 a 0,23 kg.kg) e cores amarronzadas com pouca distinção entre os horizontes e entre os perfis (TABELA 1). Em relação a textura, o perfil VG2 é uma exceção entre os solos de JRI, este apresentou elevados teores de partículas finas (0,40 kg.kg), provavelmente devido a sua localização em terreno estriado, segregado por processos de crioturbação e solifluxão. A ausência de horizontes A e B também são indicativos da pedogênese incipiente nos solos de JRI (TABELA 1).

Os solos das SSI apresentam maior desenvolvimento da estrutura, com predominância de blocos pequenos e fracos, sendo que os horizontes C apresentam dominância de grãos simples. Estes solos apresentam maior diferenciação entre horizontes, chegando a ter formação de horizonte B nos perfis SW1 e SW2. A maior parte dos horizontes apresentam menos de 45% de fração grossa (> 2 mm), exceto para os horizontes mais subsuperficiais. Foram identificados solos com teores mais elevados de partículas finas (entre 0,24 a 0,38 kg.kg) (TABELA 1).

REDE Revista Eletrônica do PRODEMA
Journal Homepage: www.revistarede.ufc.br
ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

Pedon	Prof.	Estrutura[1]	Transição entre horiz.	Fração grossa (> 2mm)[2]	AG	AF	Silte	Argila	Cor (seco)	
-	cm	-	-	%	kg.kg	kg.kg	kg.kg	kg.kg	-	
VG1 - Typic Cryorthent (JRI)										
C1	0-51	sg	gradual irregular	48,05	0,45	0,36	0,08	0,11	2,5Y	5/3
C2	51-70	sg	-	45,87	0,48	0,33	0,08	0,12	2,5Y	5/4
VG2 - Lithic Cryorthent (JRI)										
C1	0-35	sg	abrupt irregular	54,11	0,14	0,45	0,20	0,20	2,5Y	5/4
R	35+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
VG3 - Typic Cryorthent (JRI)										
C1	0-23	sg	gradual irregular	70,05	0,57	0,19	0,15	0,08	2,5Y	5/3
C2	23-70	sg	-	76,22	0,59	0,22	0,13	0,06	2,5Y	5/3
SW1 - Typic Haplocryept										
A	0-15	w f bl	gradual flat	30,71	0,58	0,14	0,12	0,16	10YR	4/3
Bh	15-30	w m bl	abrupt flat	47,21	0,61	0,11	0,15	0,13	10YR	5/4
Ch	30-65+	sg	-	90,99	0,61	0,07	0,20	0,13	2,5Y	6/4
SW2 - Typic Psammoturbel										
A	0-17	w m bl	clear flat	29,92	0,49	0,14	0,24	0,13	10YR	3/2
Bht1	17-25	md m bl	clear flat	34,71	0,65	0,11	0,12	0,12	2,5Y	6/4
Bht2	25 -37	w f bl	clear flat	43,56	0,55	0,13	0,17	0,15	10YR	5/4
Cht	37-60	w f bl	gradual wavy	60,54	0,59	0,11	0,17	0,14	10YR	5/4
Chtf	60-70+	sg	-	45,87	0,68	0,04	0,14	0,15	10YR	5/4
SW3 - Lithic Cryorthent										
A	0-10	w m-f bl	clear irregular	33,45	0,52	0,17	0,14	0,17	10YR	3/3
Cht	10-25/40	sg	abrupt irregular	49,64	0,46	0,16	0,20	0,18	10YR	4/4
R	25/40+	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 1: Propriedades morfológicas e físicas dos solos de James Ross (JRI) e Shetland do Sul (SSI), Antártica.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.2 Caracterização química

Os solos de JRI (VG1, VG2 e VG3) apresentam pH básico (entre 7,4 a 8,2), possuem elevados valores de soma de bases (21,7 a 41,7 cmolc.dm-3), destacando os altos valores de Na (840.4 a 2738,8 mg.dm-3), elevados valores de CTC total (22,2 a 41,7 cmolc.dm-3), alta saturação por bases (97,8 a 100,0%), baixos valores de carbono orgânico (< 0,2 dag.kg) e não apresentam saturação por Al (TABELA 2).

Os solos das SSI (SW1, SW2 e SW3) apresentam pH ácido (entre 4,9 a 6,7), menores valo-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

res de soma de bases em comparação a JRI (entre 12,6 a 37,3 cmolc.dm-3), baixos valores de Na (< 425,0 mg.dm-3), baixos valores de K (< 205,0 mg.dm-3), CTC entre 24,4 e 38,9 cmolc.dm-3, saturação por bases entre 50,5 e 95,9%, teores de carbono orgânico elevado para as condições antárticas (1,0 a 5,2 dag.kg), saturação por Al elevada principalmente nos horizontes superficiais, onde variou entre 6,1 e 31,8%, e baixa saturação por Na (< 8%) (TABELA 2).

Pedon	pH H O	P	K	Na	H+Al	SB	t	T	V	m	ISNa	COT	P-Rem
		mg.dm³			cmolc.dm³				%			dag.Kg	mg.L
VG1 - Typic Cryorthent (JRI)													
C1	7,50	31,70	465,00	1249,30	0,50	37,80	37,80	38,30	98,70	0,00	14,18	0,15	31,90
C2	7,42	28,70	457,00	840,40	0,30	39,54	39,54	39,84	99,20	0,00	9,17	0,15	32,10
VG2 - Lithic Cryorthent (JRI)													
C1	7,94	43,60	494,00	2728,80	0,00	41,74	41,74	41,74	100,00	0,00	28,42	0,15	33,50
VG3 - Typic Cryorthent (JRI)													
C1	7,40	188,10	865,00	2345,20	0,30	24,83	24,83	25,13	98,80	0,00	40,58	0,15	41,70
C2	8,26	168,20	875,00	1891,80	0,50	21,74	21,74	22,24	97,80	0,00	36,98	0,00	44,60
SW1 - Typic Haplocryept (SSI)													
A	4,96	46,30	126,00	260,00	12,40	12,64	18,54	25,04	50,50	31,80	4,51	4,70	10,10
Bh	6,39	33,90	200,00	400,00	2,70	33,10	33,29	35,80	92,50	0,60	4,86	1,30	29,00
Ch	6,29	45,60	180,00	380,00	2,70	29,38	29,57	32,08	91,60	0,60	5,15	1,17	30,00
SW2 - Typic Psammoturbel (SSI)													
A	5,58	27,30	142,00	280,00	6,90	17,55	18,69	24,45	71,80	6,10	4,98	5,22	15,50
Bht1	6,46	111,60	156,00	300,00	2,80	24,56	24,56	27,36	89,80	0,00	4,77	1,83	25,70
Bht2	6,60	27,10	196,00	340,00	2,40	32,24	32,24	34,64	93,10	0,00	4,27	1,83	25,00
Cht	6,71	48,50	180,00	380,00	1,60	37,36	37,36	38,96	95,90	0,00	4,24	1,04	37,60
Chtf	6,65	58,20	200,00	420,00	1,60	34,29	34,48	35,89	95,50	0,60	5,09	1,04	39,40
SW3 - Lithic Cryorthent (SSI)													
A	5,53	54,10	160,00	420,00	7,40	17,50	19,21	24,90	70,30	8,90	7,33	3,91	15,50
Cht	5,84	60,20	198,00	380,00	7,20	21,83	23,83	29,03	75,20	8,40	5,69	1,43	16,30

Tabela 2: Propriedades químicas dos solos de James Ross (JRI) e Shetland do Sul (SSI), Antártica.
Fonte: Elaborado pelos autores.

3.3 Metais (Metalóides) e Índice de Alteração Química (CIA)

Os solos de JRI apresentam valores mais elevados de K e Na o que indica influência da salinização e ocorrência de minerais secundários. Os solos das SSI apresentam valores mais elevados de P (exceto em comparação com VG3 de JRI), o que sugere a maior influência da fauna Antártica nestes ambientes. Os maiores valores de CIA indicam que nas SSI (entre 67,5 e 74,0) há maior atu-

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

ação do intemperismo químico e solos mais desenvolvidos em comparação a JRI (entre 61,2 e 69,2) (TABELA 3).

Perfil	Horiz.	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	K_2O	MgO	Na_2O	SiO_2	TiO_2	Mn	P	CIA
		%								mg kg-1		
VG1	C1	10,74	2,80	8,52	1,38	2,38	1,58	40,98	1,38	1411,26	1851,59	65,10
	C2	9,48	2,79	7,93	1,12	2,48	1,40	36,61	1,34	1286,18	1696,72	64,11
VG2	C1	10,72	1,98	7,63	1,46	1.73	1,34	41,09	1,19	863,96	1421,99	69,20
VG3	C1	12,14	4,02	7,96	1,61	1,91	2,05	41,64	1,48	1336,00	4119,53	61,28
	C2	12,33	3,93	7,39	1,59	2,03	2,09	41,36	1,41	1271,55	4767,97	61,83
SW1	A	11,83	3,57	7,26	0,70	1.73	1,29	45,09	0,85	1671,45	3264,93	68,01
	Bh	11,59	3,12	7,02	0,83	3,08	1,26	45,13	0,69	1642,78	2216,65	68,96
SW2	A	11,77	3,55	7,06	0,78	1,73	1,33	44,67	0,89	1366,63	3110,80	67,51
	Bht2	11,73	3,35	7,30	0,69	2,38	1,52	42,32	0,84	1574,18	1157,98	67,84
SW3	A	10,98	3,37	7,49	0,71	1,96	1,16	43,77	0,87	1806,62	2168,64	67,74
	Cht	11,14	3,11	7,63	0,71	1,06	0,09	42,32	0,76	2147,31	4227,12	74,01

Tabela 3: Teores elementares dos solos de James Ross (JRI) e Shetland do Sul (SSI), Antártica.
Fonte: Elaborado pelos autores.

4 DISCUSSÃO

A Antártica possui várias possibilidades de regionalização. Bockheim e Ugolini (1990) apresentaram zoneamento do continente utilizando informações de solos e processos minerais ao longo de um gradiente bioclimático que se prolonga no eixo latitudinal, incluindo ilhas subantárticas, Antártica continental e marítima (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990). Neste contexto é possível diferenciar a ocorrência de processos pedogenéticos nos diferentes ecossistemas terrestres Antárticos, o que permite melhor compreensão destes ambientes com paisagens singulares, sensíveis a alterações climáticas e ainda pouco estudados.

4.1 Processos pedogenéticos sob as condições frias e "úmidas" das Shetland do Sul

Em todos os solos das SSI (SW1, SW2 e SW3) foram identificados sinais de crioturbação. Este é um requisito para gênese dos Turbels (solos crioturbados com permafrost dentro de 2 m de profundidade) (SSS, 2014). O perfil SW2 foi classificado como Typic Psammoturbel. A crioturbação é na maioria dos solos, evidenciada por involução de partículas finas, transições entre horizontes onduladas e irregulares, distribuição errática de silte e argila ao longo do perfil, segregação de partículas, entre outros (HAUS et al., 2015). Nos solos analisados nas SSI observou-se involução de MO e partículas finas (TABELA 1). Nas SSI a crioturbação é um fenômeno generalizado resultando na intensa crioclastia, superfícies com padrão e gelifluxão (SIMAS et al., 2015).

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

Nas SSI, embora não se tenha identificado horizontes espódicos observou-se sinais de podzolização. Assim como a crioturbação, a podzolização também pode ser responsável pelo acúmulo de MO e partículas finas em subsuperfície. Este processo foi registrado na Tundra Subantártica e no Deserto Polar (BLUME; SCHNEIDER; BOLTER, 1996). Em solos mais argilosos a translocação ocorre por crioturbação e em solos arenosos por podzolização, o que favorece a preservação da MO.

Simas et al., (2015) apresentaram que nos Arquipélagos das Orcadas do Sul e SSI os processos relacionados ao permafrost, crioturbação e crioclastia são dominantes, mas em áreas mais estáveis, onde existe vegetação se tem maior atuação de processos químicos e permite a longo prazo processos de podzolização. Na Península Antártica também foi registrada podzolização como um dos processos pedogenéticos ativos, estando muitas vezes associado à ornitogênese (HAUS et al., 2015).

Os solos analisados nas SSI apresentam sinais de melanização (TABELA 2), maior desenvolvimento da estrutura (predominância de blocos pequenos e fracos), maior diferenciação entre horizontes, chegando a ter formação de horizonte B nos perfis SW1 e SW2 (TABELA 1). A melanização é um processo de escurecimento do solo e formação de um horizonte relativamente profundo marcado pela incorporação de MO (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990; HAUS et al., 2015). Este processo ocorre na Antártica Marítima e diminui em direção ao pólo sul, devido a redução no aporte orgânico (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990). Em áreas de longo tempo com colonização de aves, os solos com melanização apresentam estrutura mais desenvolvida e maior diferenciação de horizontes (SIMAS et al., 2015).

4.2 Processos pedogenéticos em ambientes frios e secos de James Ross

Diferentemente das SSI, nos solos analisados em JRI não observou-se muitos indícios de melanização, podzolização e crioturbação. A ausência de vegetação e a menor ocupação da fauna, limita a presença orgânica nos solos de JRI. A podzolização é um processo marcante na zona subantártica e que se torna cada vez mais raro com incremento da latitude (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990; SIMAS et al., 2015). Na Antártica solos com baixo teor de argila e silte podem não demonstrar feições de crioturbação devido ao baixo teor de umidade.

Os solos analisados em JRI apresentam sinais de salinização, o que justifica os valores de pH básico e elevada soma de bases (TABELA 2). Considerando-se o gradiente climático do hemisfério sul, englobando a região Temperada, Subantártica, Antártica Marítima e Antártica Continental, observa-se aumento da atuação de processos de salinização (BOCKHEIM, 2015). Durante os processos de intemperismo íons são liberados, em ambientes de clima árido e semiárido (de baixa lixiviação) eles permanecem no solo como acumulações de sais ou incrustações nas rochas (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987). Eflorescências salinas superficiais são comuns em Cape Lamb devido ao clima semiárido (MORENO, et al., 2012). A presença de sais solúveis na solução do solo é essencial para atuação de processos de intemperismo químico, estas soluções podem permanecer descongeladas e favorecer a alteração do substrato (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987). A evaporação favorece a gênese de horizonte

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

salic (SSS, 2014), marcados por grande acúmulo de sais solúveis.

Nos solos de JRI, identificou-se solos extremamente pedregosos, com poucas partículas finas (TABELA 1). Pavimento desértico é um processo de ocorrência singular e com grande interferência paisagística. Refere-se à uma superfície em que se tem presença marcante de cascalhos e fragmentos mais grosseiros que são típicos de ambientes desérticos com pouca atuação de processos químicos, associados também a elevada deflação pelo vento (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990; CAMPBELL; CLARIDGE, 1987). Na literatura não existem referências que mencionaram sobre este processo em ambientes temperados austrais ou em regiões subantárticas, sendo restrito a áreas mais desérticas da Antártica (BOCKHEIM; UGOLINI, 1990). Quanto mais antigo for o pavimento desértico os fragmentos de rocha residuais ficam cada vez mais polidos e envernizados, e em superfície o pavimento é constituído apenas de materiais mais resistentes (CAMPBELL; CLARIDGE, 1987)

5 CONCLUSÕES

Baseado na morfologia, análises físicas e químicas conclui-se que os solos desenvolvidos do mesmo material de origem (basalto) nas SSI e JRI são muito distintos, demonstrando as implicações climáticas nas propriedades dos solos. Nestes cenários pedológicos identificou-se ocorrência de distintos processos pedogenéticos, os quais implicam em uma série de mudanças paisagísticas.

Salinização e pavimentos desérticos são processos pedogenéticos generalizados e marcantes nos solos de JRI. Melanização, podzolização e crioturbação são os principais processos identificados nas SSI. A condição climática mais amena (temperatura positiva e maior disponibilidade de água líquida no verão) favorece a maior ocupação da fauna e flora antártica nas SSI, sendo um fator essencial para compreensão da diferenciação dos solos entre os ecossistemas terrestres analisados.

Os solos das SSI são mais desenvolvidos baseado na diferenciação entre horizontes, desenvolvimento da estrutura, maiores teores de partículas finas (silte + argila) e maiores valores do índice CIA. Por sua vez os solos de JRI apresentam pouca diferenciação entre horizontes, grãos simples, altos teores da fração grosseira e são predominantemente arenosos, principalmente areia grossa

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio do TERRANTAR, INCT da Criosfera, Marinha do Brasil, PPG em Geografia IGC/UFMG, PPG em Solos e Nutrição de Plantas DPS/UFV e ao financiamento da FAPEMIG, CAPES e CNPq. Agradecemos também os revisores e editores pelas sugestões e melhorias no trabalho.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

REFERÊNCIAS

BAÑÓN, M.; JUSTEL, A.; VELÁZQUEZ, D.; QUESADA, A. Regional weather survey on Byers Peninsula , Livingston Island , South Shetland Islands , Antarctica. **Antarctica. Antarct. Sci.**, v. 25, p. 146–156, 2013.

BLUME, H.; SCHNEIDER, D.; BOLTER, M. Organic Matter Accumulation in and Podzolization of Antarctic Soils. **Z. Pflanzenernähr., Bodenk**. 159: 411–412, 1996.

BOCKHEIM, J. G. Soil-Forming Factors in Antarctica. In: BOCKHEIM, J. G. (Ed.). . **The soils of Antarctica**. 1. ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p. 5–20.

BOCKHEIM, J. G.; UGOLINI, F. C. A review of pedogenic zonation in well-drained soils of the Southern Circumpolar Region. **Quaternary Research**, v. 34, n. 1, p. 47–66, 1990.

CAMPBELL, I. B.; CLARIDGE, G. G. C. **Antarctica: soils, weathering processes and environment.** p. 368pp, 1987.

DEL VALLE, R. A.; FOURCADE, N. H.; MEDINA, F. A. The stratigraphy of Cape Lamb and The Naze , Vega and James Ross Islands , Antarctica. In: CRADDOCK, C. (Ed.). . **Antarctic geoscience**. Madison: University of Wisconsin Press, 1982. p. 275–280.

EMBRAPA. **Manual de Métodos de Análise de Solo, 2a Edição.** 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 1997.

ERMOLIN, E.; ANGELIS, H.; SKVARCA, P. Mapping of permafrost onVega Island, Antarctic Peninsula, using satellite images and aerial photography. **Annals of Glaciology** 34, 2002.

HATHWAY, B.; LOMAS, S. A. The Upper Jurassic - Lower Cretaceous Byers Group , South Shetland Islands , Antarctica : revised stratigraphy and regional correlations. **Cretaceous Research**, p. 43–67, 1998.

HAUS, N.; SCHAEFER, C E.G.R.; BOCKHEIM, J.; PEREIRA, T.T.C. Soils of Graham and Palmer Lands, Antarctic Peninsula. In: BOCKHEIM, J. G. (Ed.). . **The soils of Antarctica**. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p. 205–225.

LOPES, D.V.; SOUZA, J.J.L.L.; OLIVEIRA, F.S.; SCHAEFER, C.E.G.R. Solos e Evolução da Paisagem em Ambiente Periglacial na Península Barton, Antártica Marítima. **Geography Department University of São Paulo**, v. 0, n. spe, p. 259, 27 jun. 2017.

LOPEZ-MARTINEZ, J.; SERRANO, E.; SCHMID, T.; MINK, S.; LINES, C. Periglacial processes and landforms in the South Shetland Islands (northern Antarctic Peninsula region). **Geomorphology**, v. 155–156, p. 62–79, 2012.

MORENO, L.; SILVA-BUSSO, A.; LOPEZ-MARTINEZ, J.; DURAN-VALSERO, J.J.; MARTINEZ-NAVARRETE, C.; CUCHI, J.A.; ERMOLIN, E. Hydrogeochemical characteristics at Cape Lamb, Vega Island, Antarctic Peninsula. **Antarctic Science**. 24(6), 591–607, 2012.

NELSON, P.H.H. The James Ross Island Volcanic Group of north-east Graham Land. **British Antarctic Survey Scientific Reports** 54, 1–62, 1975.

NESBITT, H. W.; YOUNG, G. M. Early proterozoic climates and plate motions inferred from major element chemistry of lutites. **Nature**, v. 299, n. 5885, p. 715–717, 1982.

PIRRIE, D. Petrography and provenance of the Marambio Group , Vega Island , Antarctica. **Antarctic Sciense**, v. 6, n. 4, p. 517–527, 1994.

PIRRIE, D.; CRAME, J. A.; RIDING, J. B. Late Cretaceous stratigraphy and sedimentology of Cape Lamb, Vega Island, Antarctica. **Cretaceous Research**, v. 12, p. 227–258, 1991.

ISSN: 1982 - 5528
D.O.I:10.22411/rede2019.1301.01

SCHAEFER, C.E.G.R.; SOUZA, C.D.; SIMAS, F.N.B.; GJORUP, D.F.; BOCKHEIM, J.G. Soils of the Weddell Sea Sector, Antarctica. In: BOCKHEIM, J. G. (Ed.). . **The soils of Antarctica**. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p. 274–279.

SCHAEFER, C. E. G. R.; PEREIRA, T.T.C.; ALMEIDA, I.C.C.; MICHEL, R.F.M.; CORRÊA, G.R.; FIGUEIREDO, L.P.S.; KER, J.C. Penguin activity modify the thermal regime of active layer in Antarctica: a case study from Hope Bay. **Catena**, v. 149, p. 582–591, 2017.

SIMAS, F.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; ALBUQUERQUE-FILHO, M.R.; MICHEL, R.F.M.; PEREIRA, V.V.; GOMES, M.R.M.; COSTA, L.M. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: Phosphatization as a soil forming process. **Geoderma**, v. 138, n. 3–4, p. 191–203, 2007.

SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C.E.G.R.; MELO, V.F.; GUERRA, M.B.B.; SAUNDERS, M.; GILKES, R.J. Clay-sized minerals in permafrost-affected soils (Cryosols) from King George Island, Antarctica. **Clays and Clay Minerals**, v. 54, n. 6, p. 721–736, 2006.

SIMAS, F. N. B.; SCHAEFER, C.E G R; MICHEL, R.F M.; FRANCELINO, M.R.; BOCKHEIM, J.G. Soils of the South Orkney and South Shetland Islands, Antarctica. In: BOCKHEIM, J. G. (Ed.). . **The soils of Antarctica**. 1. ed. Switzerland: Springer International Publishing, 2015. p. 227–273.

SMELLIE, J. L.; PANKHURST, R.J.; THOMSON, M.; DAVIES, R.E.S. The geology of the South Shetland Islands. VI. Stratigraphy, geochemistry and evolution. **British Antarctic Survey Scientific Reports**, 1984.

SOIL SURVEY STAFF. Keys to soil taxonomy. **Soil Conservation Service**, v. 12, p. 410pp, 2014.

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**, p. 1–13, 2014.

TATUR, A.; MYRCHA, A. Ornithogenic soils on King George Island, South Shetland Islands (Maritime Antarctic Zone). **Polish Polar Research**, v. 5, n. 1–2, p. 31–60, 1984.

TATUR, A.; MYRCHA, A. Soils and vegetation in abandoned penguin rookeries (maritime Antarctic). **Proceedings of the NIPR Symposium on Polar Biology**, v. 2, p. 181–189, 1989.

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil 1. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467–1476, 1988.