

RDG

Revista do Departamento de Geografia USP

ISSN 2236-2878

Revista do Departamento de Geografia
Universidade de São Paulo
www.revistas.usp.br/rdg

Volume Especial – XVII SBGFA / I CNGF (2017)

Endemismo Pedológico e os Solos da Ilha da Trindade – Atlântico Sul, Brasil***Pedological Endemism and the Soils of Trindade Island- South Atlantic, Brazil*****Mariana de Resende Machado**Universidade Federal de Minas Gerais
mmachadogeo@gmail.com**Fábio Soares de Oliveira**Universidade Federal de Minas Gerais
fabiosolos@gmail.com**Carlos Ernesto G. R. Schaefer**Universidade Federal de Viçosa
carlos.schaefer@ufv.br**Eliane de Paula Clemente Almeida**Embrapa Solos
eliane.clemente@embrapa.brRecebido (Received): 18/03/2017
DOI: 10.11606/rdg.v0ispe.132762

Aceito (Accepted): 02/06/2017

Resumo: A combinação de fatores em condições únicas ou atípicas resultará na formação de solos também únicos. Quando essas mesmas condições estiverem presentes em áreas diferentes, o resultado da pedogênese será a formação de solos com características muito semelhantes entre si. Nesse sentido, o endemismo se aplica aos solos a partir dos preceitos da teoria dos fatores e processos pedogenéticos. Dentre todos os ambientes emersos da Terra, ilhas oceânicas são áreas promissoras para surgimento de endemismo, tanto ecológico quanto pedológico. Assim este trabalho teve como objetivo apresentar os solos da Ilha da Trindade, Atlântico Sul, passíveis de serem considerados como endêmicos. Isso foi feito a partir da caracterização dos atributos morfológicos, físicos e químicos de cinco solos. Os resultados apontam que em Trindade os materiais de origem incomuns (rochas vulcânicas jovens e sedimentos bioclásticos carbonáticos), os ambientes de exceção (florestas de samambaias gigantes em escarpas influenciadas pela umidade orográfica) e as interações específicas entre substratos e atividade biológica (colonização da avifauna, ornitogênese e fosfatização) são os potenciais produtores de tais solos endêmicos. Trindade se caracteriza, neste sentido, como um espaço único para os estudos pedológicos e a preservação de seus solos é uma tarefa indispensável à manutenção do equilíbrio entre os distintos geo-ecossistemas.

Palavras chave: Pedogênese; Ambientes Insulares; Fosfatização; Solos Ornitogênicos; Andossolos.

Abstract: The unique combination of soil-forming factors would be expected to result in unique soils. When the same environmental conditions are together but in different areas, pedogenesis will act in the formation of soils with similar characteristics to each other. In this perspective, endemism applies to soil due to the precepts of Jenny's theory about process and soil-forming factors. Among all Earth environments, oceanic island are the most promising for the emergence of endemism. Therefore, this work aims to study soils from Trindade Island, South Atlantic, that possible could be called endemic soils. For that, it was choose four soils for characterization of its physical, morphological and chemical attributes. The results show that the unusual source material (young volcanic rocks and carbonate bioclastic sediments) and unique environments (forests of giant ferns on cliffs influenced by orographic humidity) and interaction between the birds and the various lithological and pedological substrates allows the genesis of endemic soils. Trindade is a unique environment that allows diverse kind of pedological studies, and the preservation is an indispensable task to maintain the balance between different geoecosystems.

Keywords: Pedogenesis; Island Environments; Phosphatization; Ornitogenic Soils; Andisols.

INTRODUÇÃO

Influenciada pela posição em que se insere na paisagem, a pedosfera possui sua gênese e evolução condicionada pela interação da atmosfera, biosfera, litosfera e hidrosfera ao longo do tempo. Dessa forma, a composição da pedosfera é delineada a partir da contribuição de cada uma dessas esferas, estando diretamente relacionadas à ocorrência e intensidade dos processos pedogenéticos. Devido à gama de fatores envolvidos em sua formação é de se esperar a considerável variabilidade de solos encontrados na superfície do planeta (TOOMANIAN, 2013).

É recente o interesse da comunidade científica por abordar a pedodiversidade, sendo o trabalho de McBratney (1992) pioneiro em descrevê-la como a variação espacial na distribuição dos solos. Com o avanço em tais estudos, notou-se a ocorrência de solos incomuns em paisagens com características muito específicas. Assim, o conceito de endemismo pedológico começou a ser construído.

O primeiro autor a usar o termo endemismo para solos foi Guo *et al.* (2003) ao tratar da pedodiversidade nos Estados Unidos. Pouco depois o tema foi mais amplamente desenvolvido por Bockheim (2005). Para estes autores, o endemismo se aplica aos solos a partir dos preceitos da teoria dos fatores e processos de formação, desenvolvido por Jenny (1941). A combinação de fatores em condições únicas ou atípicas resultará na formação de solos também únicos. Quando essas mesmas condições estiverem presentes em áreas diferentes, o resultado da pedogênese será a formação de solos com características muito semelhantes entre si. Para tanto, o forte endemismo no solo está associado com materiais de origem incomuns, condições climáticas extremas, influência da topografia local e colonização biológica.

O conceito de endemismo como concebido pela ecologia diz respeito a espécies da fauna ou flora que ocorrem naturalmente e estão confinados a uma área geográfica específica, podendo ocorrer em qualquer escala desde que envolvendo o isolamento de espécies, grupos de espécies ou comunidades inteiras. Quando aplicado à ciência do solo, o endemismo não pode ser entendido como *stricto sensu*, uma vez que solos não são organismos com capacidades reprodutivas ou migratórias (BOCKHEIM, 2005). Ilbáñez *et al.* (1998) destacam que em escalas continentais, a pedodiversidade dos solos é caracterizada mais pelas semelhanças do que diferenças. Entretanto, se o solo é geograficamente restrito a uma ou algumas regiões, o endemismo se aplica (BOCKHEIM & HAUS, 2013).

Dentre todos os ambientes emersos da Terra, ilhas oceânicas se configuram como áreas promissoras para surgimento de endemismo, tanto ecológico quanto pedológico. Definidas como porções terrestres individualizadas por uma barreira de água, reduzindo a acessibilidade e conexões com porções continentais (WALTER, 2004), todos os elementos e fenômenos geoambientais característicos desses ambientes, como variações no nível do mar e das correntes oceânicas, variações climáticas, litológicas e geomorfológicas, associam-se ao referido isolamento geográfico na geração de endemismo pedológico. Nesse contexto, inclui-se Trindade, ilha oceânica brasileira localizada no Atlântico Sul, cujos levantamentos pedológicos têm revelado um mosaico único de solos, muitos deles podendo ser enquadrados como endêmicos. Assim, este trabalho propõe apresentar tais solos, justificando o fato de serem considerados endêmicos e evidenciando o que eles representam para o avanço da pesquisa pedológica no Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Estando a 1140 km da costa brasileira (RIBEIRO, 1951), a Ilha de Trindade no Atlântico sul corresponde ao fim de uma extensa cadeia vulcânica submarina de orientação leste-oeste, denominada Cadeia Vitória-Trindade. Localiza-se na latitude 20°30' S e longitude 29°19' W, possui 13,5 km² de área (ALMEIDA, 1962). Como ilha emersa tem sua gênese no Cenozoico, através de derrames e intrusões sódico-alcalinas marcadamente sub saturadas em sílica, e piroclastos diversos, estando ativo durante o Plioceno (3,9 Ma) até o Pleistoceno (0,25 Ma) (PIRES *et al.*, 2016), sendo assim um dos últimos episódios vulcânicos no Atlântico Sul e com a litologia mais recente do território brasileiro. Com exceção de alguns depósitos litorâneos e fluvio-colúviais, recifes de algas, dunas e praias estreitas, toda a ilha é formada por material vulcânico extrusivo e/ou sub-extrusivo (ALMEIDA, 2006).

Com relevo extremamente acidentado e dissecado, possuindo escarpas íngremes, vales profundos e platôs estruturais, os pontos culminantes alcançam cerca de 600 m de altitude. As principais nascentes encontram-se nos picos centrais, com fluxo de competência mediana, sendo mais expressivo durante o período chuvoso (ALVES, 1998). O clima é caracterizado como do tipo oceânico tropical, mas com regime de precipitação característico de semi-úmido e tendências a semi-árido, com média anual de 923 mm, e temperatura média de 25,2°C (ALVES, 1998).

A cobertura pedológica se caracteriza por ser pouco espessa, predominando associações entre afloramentos e Neossolos Litólicos e Cambissolos Háplico (CLEMENTE *et al.*, 2009). No mapeamento pedológico realizado por Sá (2010), os Neossolos correspondiam à classe de maior predominância, recobrendo 55% do território, sendo encontrado tanto nas áreas mais baixas situadas na face mais seca, quanto nos afloramentos rochosos e nas áreas deposicionais. Já os Cambissolos ocupam cerca de 30%, preferencialmente nas porções medianas e áreas que permitam a atuação intempérica. Além desses existem os Organossolos (< 10%), ocupando áreas úmidas e altas da face sul. Vale destacar que com a retirada da cobertura vegetal, os solos existentes anteriormente e já susceptíveis aos processos erosivos tornaram-se ainda mais frágeis, resultando na formação de diversas feições erosivas.

Solos Analisados

Os solos apresentados neste estudo foram selecionados a partir de duas premissas: i) solos derivados de materiais de origem diferenciados e incomuns em outros locais do território brasileiro; e ii) solos submetidos diretamente à influência da nidificação da avifauna. Dessa forma, foram analisados quatro perfis cujos materiais de origem incluem sedimentos bioclásticos carbonáticos, rochas vulcânicas básicas (como derrames de ankaratrítico) e rochas vulcânicas ácidas (fonolitos). Os perfis estão localizados na Praia das Tartarugas, Vulcão do Paredão, Morro Vermelho e sob a Floresta de Samambaias Gigantes (**Figura 1 e Tabela 1**).

Tabela 1 – Características gerais dos solos analisados

Solo	Altitude (m)	Classificação do Solo	Material de Origem	Área de Coleta
P1	26	Neossolo Regolítico Eutrófico bioclástico-carbonático	Bioclastos carbonáticos	Terço superior de duna vegetada com <i>Cyperus atlanticus</i> , logo abaixo da crista fonolítica e tálus, em relevo ondulado. Sem influência aparente de ninhais.
P2	19	Neossolo Regolítico Eutrófico bioclasto-carbonático ornitogênico	Bioclastos carbonáticos	Terço inferior de duna vegetada com <i>Cyperus atlanticus</i> na Praia das Tartarugas, próximo à crista fonolítica. Colonizado por ninhais.
P3	126	Cambissolo Háplico Ta Eutrófico típico	Lavas e tufos ankaratríticos	Terço inferior da borda do Morro Vermelho, na saia abaixo do Pico do Elefante com <i>Cyperus atlanticus</i> .
P4	554	Organossolo fólico fíbrico típico	Fonolito	Topo de anfiteatro ravinado com vegetação de <i>Cyathea delgadii</i> , em relevo montanhoso, em terço superior de vertente, com blocos e matacões rochosos de fonolito recoberto de líquens crustosos e foliosos. Representa o nível elevado da Ilha, abaixo do Platô do Desejado, com <i>Myrsine floribunda</i> .

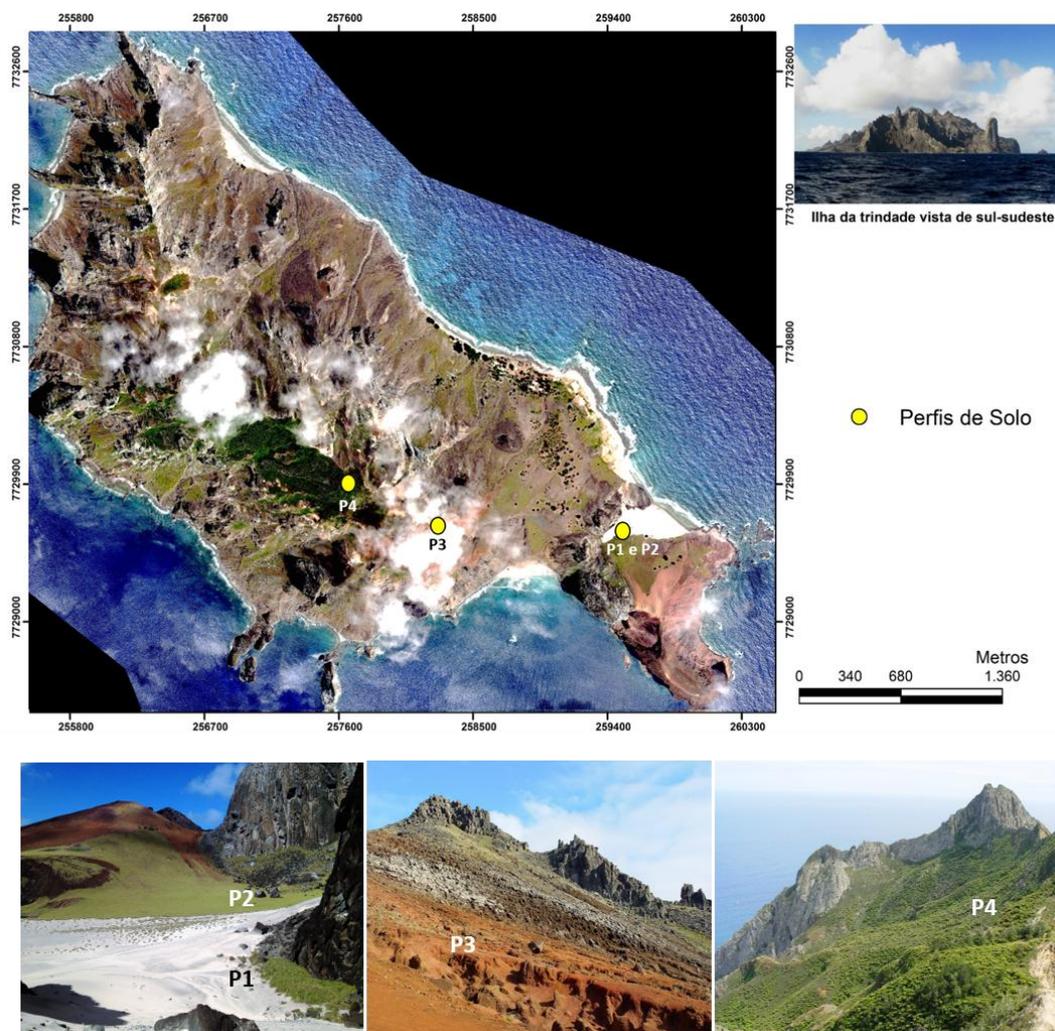


Figura 1 – Área de coleta dos solos. Indicação da área aproximada de coleta pela sigla dos respectivos perfis.

Análises Granulométricas e Químicas

A granulometria e a química de rotina foram realizadas, respectivamente, nos Laboratórios de Física do Solo e Rotina do Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. Ambas foram obtidas conforme procedimentos da Embrapa (1997) e Almeida *et al.* (2012).

Foram quantificadas as frações granulométricas areia, silte e argila e de posse desses resultados foi possível estabelecer a classe textural. As amostras foram dispersas quimicamente com 10mL de NaOH 1 mol L⁻¹ e agitadas lentamente por 16 horas. A fração areia foi separada por peneiramento. As frações silte e argila foram separadas através da sedimentação diferencial, segundo a Lei de Stokes, utilizando o método da pipeta. Os resultados em % foram plotados no diagrama ternário areia-silte-argila para obtenção da classe textural (ALMEIDA *et al.*, 2012).

Com relação às análises químicas, determinou-se o pH em água em solução de KCl 1 mol/L com medição pelo método potenciométrico em suspensão solo:solução igual a 1:2,5. O Cálcio e Magnésio trocáveis foram extraídos com KCl 1 mol/L em pH 7,0 e dosados através do espectrofotômetro de absorção atômica. Potássio e Sódio trocáveis foram extraídos com solução de HCl 0,05 mol/L e H₂SO₄ 0,025 mol/L (Mehlich 1), sendo dosados pelo espectrofotômetro de emissão de chama. O Alumínio trocável foi extraído com KCl 1 mol/L, determinado por titulação com NaOH 0,025 mol/L. Acidez extraível (H⁺ + AL³⁺) foi extraída com acetato de cálcio 0,5 mol/L ajustada a pH 7,0 e determinada por titulação com NaOH 0,06 mol/L. O fósforo foi extraído com Mehlich-1 e determinado pelo espectrofotômetro de absorção molecular (Colorimetria). O carbono orgânico foi determinado pelo método de Walkley-Black e a matéria orgânica estimada pela equação: Carbono Orgânico x 1,724.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados das descrições morfológicas e análises físicas são apresentados na **Tabela 2**. As análises químicas, por sua vez, são apresentadas na **Tabela 3**. Tais resultados revelam que os solos possuem características distintas entre si, além de possuírem atributos químicos incomuns dos comentados encontrados no território brasileiro.

P1 possui como material de origem sedimentos bioclásticos carbonáticos, sendo constituído basicamente pela fração areia, garantindo ao perfil a classe textural areia-franca. Trata-se de uma areia que não possui em sua mineralogia grãos de quartzo, sendo composta por areia derivada do retrabalhamento de sedimentos carbonáticos biogênicos, eventualmente misturados com minerais máficos e félsicos das rochas vulcânicas do entorno. Os bioblastos carbonáticos possuem coloração mais clara, com pigmentação rosa. Tal característica foi herdada pelos solos, que em conjunto com a influência da matéria orgânica garante ao perfil a coloração levemente brunada. A estrutura é em grão simples e a transição plana e gradual.

Em P2, a granulometria também apresenta a areia como fração predominante, ainda que os constituintes mais finos (silte e argila) também se façam presentes. Os horizontes possuem como classe textural: A1 – franca, A2 – Francoarenosa, C1- Francoarenosa, C2 – Franca, C3 – Areia Franca. Além dos bioclastos carbonáticos, esse solos apresentam maior conteúdo de minerais de origem ígnea, e tal como os sedimentos, esses não incluem o quartzo, já que o vulcanismo em Trindade é subsaturado em sílica (Almeida, 1962). Assim, além do carbonato biogênico, a areia é composta pelos próprios fragmentos de rocha e/ou fenocristais de minerais ferromagnesianos, como piroxênios e vidro vulcânico. O solo possui coloração mais brunada, sendo os horizontes organominerais A1 e A2 os mais afetados pela cor escura da matéria orgânica. A estrutura varia de granular a blocos, mas sempre contendo grãos simples.

P3 é um solo associado a tufos de composição básica da Formação Morro Vermelho e, por isso, seu material de origem apresenta muitos minerais ferromagnesianos, como olivina e abundante vidro vulcânico. Trata-se de um dos solos mais argilosos da Ilha, com texturas que variam de argilosa a muito argilosa. Os horizontes na porção superior do perfil possuem transição plana e gradual, bem como estrutura granular a blocos, moderada a fraca. Na porção inferior do perfil ocorre transição ondulada entre os horizontes, com estrutura maciça predominante. São solos avermelhados, com matiz 2,5YR. Apresentam brilho lustroso semelhante à cerosidade, o que levou a considerar a existência de um horizonte Bt. Contudo, não se trata de uma cerosidade típica e mesmo no perfil, o comportamento deste solo evidencia a possibilidade de que essas feições estejam relacionadas à presença de minerais amorfos, do tipo alofânicos.

P4, onde somente foi possível analisar o horizonte C, é um solo escuro na porção superior, de cor preta-acastanhada, em transição para um horizonte bruno-amarelado. O horizonte H é muito fibroso e claramente rico em resíduos vegetais em fase moderada de decomposição. O horizonte C possui textura franco-argilo-siltosa e muitos fragmentos de fonolito. A estrutura no horizonte C é maciça, e ocorrem muitas fraturas e zonas de penetração do material fibroso, entremeados com os blocos menos intemperizados. A mesofauna é praticamente nula.

Quimicamente, P1 e P2, provenientes do mesmo material de origem, apresentam pH alcalino, com valores próximos a 8, com exceção do horizonte A1 (pH de 7,10) do P2. O pH alcalino em P1 também é resultado da filiação genética com os sedimentos cuja constituição química é pobre em sílica, conseqüentemente sem composição para a formação de argilominerais. Tanto em P1 quanto em P2 os altos valores de pH, baixa atividade de Al^{3+} e H^+ em solução, teores elevados de bases e em P2 a presença de argilominerais de alta atividade evidenciam a jovialidade desses solos (ROLIM NETO *et al.*, 2009).

Os dois perfis, P1 e P2, são eutróficos e possuem CTC elevada. Vale destacar que os valores de CTC obtidos para P2 são semelhantes aos encontrados para solos basálticos em outras ilhas oceânicas brasileiras (MARQUES, 2004; OLIVEIRA, 2008; SCHAEFER *et al.*, 2010). O conteúdo de carbono orgânico é maior na superfície, sendo bem mais expressivo em P2.

O conteúdo de P é o principal atributo que diferencia P1 e P2. Enquanto em P1 o maior valor encontrado foi 49,3 mg/dm³ no horizonte C, em P2 foram observados valores muito mais altos, sendo 790,5 0 mg/dm³ em A1; 845,9 0 mg/dm³ em A2; 1149,4 0 mg/dm³ em C1; 304,0 mg/dm³ em C2 e 898,0 0 mg/dm³ em C3. Acompanhando P, observou-se valores altos de K, Na e Ca em P1 e Ca, Mg em P2. O forte aporte de P nesses solos sugere enriquecimento absoluto através da fosfatização, processo pedogenético associado à atividade da avifauna.

Ao estabelecer a área de nidificação, essas aves excretam uma solução semi sólida de ácido úrico (uma substância estável e insolúvel denominada guano), rica em N, P, Ca, K, Na e Mg. Esse excremento tende a reagir de maneiras específicas com o substrato com o qual está em contato (HUTCHINSON, 1950; ANDERSON & POLIS, 1999). Os processos desencadeados pela fosfatização geralmente estão associados à área da nidificação da avifauna e às áreas mais próximas e passíveis de receber os excrementos, seja por depósito direto, percolação da solução lixiviada do excremento ou mesmo erosão de partículas. Como consequência da fosfatização, esses ambientes apresentam altos teores de fósforo, variando de acordo com o tipo de população de aves e do tempo de ocupação, não obstante as características do substrato que sofre a reação. O guano depositado e o substrato interagem através de reações físico-químicas, resultando em alterações mineralógicas e geoquímicas, sobretudo pela impregnação de diferentes formas de fosfatos e atuando na gênese dos solos ornitogênicos (SCHAEFER *et al.*, 2004).

P3, classificado como Cambissolo, é quimicamente caracterizado por ser eutrófico na maior parte do perfil, com valores pouco inferiores a 50% em profundidade. Possui altos teores de nutrientes, em especial K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+} . O pH é alcalino, mesmo nos horizontes com maior conteúdo de carbono orgânico. Os teores de P disponível, comparados aos solos P1 e P2, é mais baixo (35 a 48 mg/dm^3), enquanto os valores de K^+ são elevados (300 a 590 mg/dm^3) como em P2. Considerando o material de origem, que conforme Almeida (1962) pode apresentar apatita como acessório e outros minerais com K e Na abundantes, esses teores são justificáveis e não estariam, a exemplo de P2, associados à fosfatização.

O Organossolo e, mais precisamente, seu horizonte C, possui pH ácido, com valores altos para P e K e baixos para Ca^{2+} e Mg^{2+} , com elevada acidez potencial. Por consequência, a saturação por bases é muito baixa, classificando esse horizonte como distrófico. Encontra-se numa condição de maior umidade e acúmulo de matéria orgânica na liteira, cujo material ainda se encontra inalterado, sendo proveniente de restos orgânicos da floresta de *Cyathea delgadii* e *Myrsine floribunda*.

Considerando os atributos morfológicos, físicos e químicos apresentados, o caráter endêmico destes solos é reforçado por alguns aspectos. Em primeiro lugar, os materiais de origem são extremamente particulares. Solos derivados de sedimentos bioclásticos que, por sua vez, estão relacionados à erosão e retrabalhamento de plataformas carbonáticas, vêm sendo reportados apenas nas ilhas oceânicas. No caso do Brasil estão presentes em Fernando de Noronha (MARQUES *et al.*, 2007; OLIVEIRA *et al.*, 2014) e Abrolhos (SCHAEFER *et al.*, 2010), além de Trindade. Esse material é único e imprime aos Neossolos a impossibilidade de que sejam classificados como Quartzarênicos, ainda que, morfologicamente, estejam mais próximos desses. Assim, Marques *et al* (2007) propuseram a restauração do Grande Grupo Psamítico, para solos com textura arenosa em todos os horizontes até o contato lítico, e a criação do subgrupo bioclástico carbonático, no quarto nível hierárquico. Essa proposta reside no fato da dificuldade de classificar esses solos no atual SiBCS (EMBRAPA, 2013).

Tal como os sedimentos bioclásticos carbonáticos, os tufos e lavas básicas, ao serem alterados, imprimem propriedades particulares aos solos de Trindade, tal como P3. Ainda que tenha sido classificado como Cambissolo, este perfil pode representar a pioneira existência de um Andossolo no território brasileiro.

Tabela 2 – Atributos morfológicos e físicos dos solos analisados

Hor.	Prof. (cm)	Cor Úmido	Unidade estrutural	Grau	Transição	< 2 mm (g.kg ⁻¹)				Silte/ Argila	Classe textural
						AG	AF	Silte	Argila		
P1 – Neossolo Regolítico Eutrófico bioclástico-carbonático											
A	0-20	10YR 6/2	Grãos simples	-	Plana e gradual	750	110	50	90	0,56	Areia-franca
C1+C2	20-80	10YR 7/2	Grãos simples	-	-	790	60	60	90	0,67	Areia-franca
P2 - Neossolo Regolítico Eutrófico bioclasto-carbonático ornitogênico											
Oo	0-5	10YR 2/1	Granular/ grão simples	Fraca	Plana, clara	380	200	210	210	1,00	Franco
A1	5-40	7,5YR 3/3	Granular/ grão simples	Fraca	Plana e clara	510	240	120	130	0,92	Franco-arenoso
C1	40-70	10YR 2,5/2	Granular/ grão simples	Fraca	Plana e clara	320	330	220	130	1,69	Franco
C2	70-85	10YR 4/3	Bl. Sub./ grão simples	Mod. a forte	Plana e clara	290	270	280	160	1,75	Franco-siltoso
C3	85-110	10YR 7/6	Bl. Sub./ grão simples	Fraca	-	430	410	90	70	1,29	Areia-franca
P3 – Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico											
A1	0-10	2,5YR 3/2	Granular	Mod.	Plana e gradual	60	40	420	480	0,88	Argila-Siltosa
AB	10-20	2,5YR 3/2	Granular/ Bl. Sub	Mod.	Plana e gradual	50	40	370	540	0,69	Argila
Bt1	20-50	2,5YR 3/3	Granular/ Bl. Sub	Forte	Plana e gradual	40	40	320	600	0,53	Argila
BC	50-70	2,5YR 3/4	Bl. Sub/Maciça	Mod.	Ondulada e gradual	40	40	320	600	0,53	Argila
C1	70-100	2,5YR 2,5/4	Maciça	-	Ondulada e gradual	30	20	340	610	0,56	Muito Argilosa
C2	100-140	2,5YR 2,5/3	Maciça	-	-	10	20	400	570	0,70	Argila-Siltosa
P4 – Organossolo fólico fíbrico típico											
C	50-80+	10YR 8/3	Maciça	Mod.	-	250	60	320	370	0,774	Franco-argilo-siltoso

Tabela 3 – Atributos químicos dos solos analisados

Hor.	Prof. cm	pH H ₂ O	P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	Al cmolc.dm ⁻³	H+Al	SB	t	T	V %	m	COT g.kg ⁻¹	Prem mg.l ⁻¹
A	0-20	7,78	0,3	73,0	0,62	0,35	0,00	0,0	1,16	1,16	1,16	100	0,0	4,3	28,5
C1+C2	20-80	8,25	49,3	38,0	0,42	0,33	0,00	0,0	0,85	0,85	0,85	100	0,0	7,9	30,2
P2 - Neossolo Regolítico Eutrófico bioclasto-carbonático ornitogênico															
Oo	0-5	7.10	790.50	520,0	20.52	6.06	0.00	1.10	28.54	28.54	29.64	96.30	0.0	88,4	46.60
A1	5-40	7.76	845.90	370,0	14.33	2.12	0.00	1.00	17.78	17.78	18.78	94.70	0.0	19,7	25.60
C1	40-70	7.75	1149.40	490,0	18.25	2.27	0.00	1.00	22.27	22.27	23.27	95.70	0.0	15,9	12.10
C2	70-85	7.86	304.00	480,0	13.03	1.91	0.00	1.00	16.25	16.25	17.25	94.20	0.0	8,3	21.00
C3	85-110	8.04	898.00	310,0	8.63	1.03	0.00	0.60	10.87	10.87	11.47	94.80	0.0	6,8	31.60
P3 – Cambissolo Háplico Ta eutrófico típico															
A1	0-10	6,72	48,2	490,0	7,99	4,43	0,00	7,90	13,67	15,03	21,57	63,4	0,0	28,9	16,1
AB	10-20	6,30	42,9	590,0	9,08	4,43	0,00	5,30	12,87	11,55	20,33	73,9	0,0	11,5	11,1
Bt1	20-50	6,90	35,4	450,0	7,46	4,44	0,00	4,90	9,96	10,13	17,77	72,4	0,0	7,2	5,1
BC	50-70	7,08	39,2	415,0	6,23	4,26	0,00	5,90	13,67	15,03	17,45	66,2	0,0	5,8	3,1
C1	70-100	7,03	54,5	300,0	4,74	4,26	0,00	8,60	12,87	11,55	18,56	53,7	0,0	5,8	3,7
C2	100-140+	7,16	45,7	330,0	4,99	4,45	0,00	6,90	9,96	10,13	17,03	59,5	0,0	2,9	3,1
P4 – Organossolo fólico fíbrico típico															
C	50-80+	4,52	610,6	140,0	0,49	0,16	0,00	33,30	1,01	1,01	34,31	2,9	0,0	5,8	20,7

Andossolos são solos que se destacam por possuir propriedades ândicas (SSS, 2010), isto é, caracterizado pela presença de alofanos, minerais pouco cristalinos dominantes no complexo sortivo. A presença desses minerais influencia em muitos atributos, dentre eles altos valores de pH em NaF, o que já foi confirmado por Sá (2010) em Trindade. Da mesma maneira, Clemente (2006) e Machado (2016) já verificaram a abundante presença de vidro vulcânico alteromorfo em seções delgadas destes solos, sugerindo que sua alteração tem dado origem a uma fase secundária amorfa. Este tema suscita investigações detalhadas. Uma delas é um estudo mineralógico que supere a dificuldade de identificar esses minerais em técnicas tradicionais, como a difratometria de raios-X. Estes estudos estão sendo desenvolvidos e seus resultados poderão confirmar a presença de Andossolos em Trindade. Apesar disso, os solos associados às rochas vulcânicas mais jovens do território brasileiro já demonstram atributos suficientes para serem considerados como endêmicos.

Ocupando uma pequena área em Trindade, com acesso limitado, os Organossolos Fólicos Fíbricos não se destacam pelos atributos que os levaram a serem classificados como tal. O grande destaque destes solos é o contexto na paisagem em que ocorrem e como, a partir deles, foram formados. Trata-se de um solo restrito às altas encostas e aos vales estreitos abaixo do planalto axial, área escarpada voltada para o sul da Ilha. Essas são as vertentes mais úmidas de Trindade e esse contexto favorece a existência de uma das mais exuberantes florestas de samambaias gigantes do mundo. As Florestas Nebulares relictuais monodominantes de samambaias arborescentes (*Cyathea delgadii*) são únicas no atlântico sul (CLEMENTE *et al.*, 2009) e o aporte elevado de material orgânico recalcitrante depositado pela vegetação de *Cyathea delgadii* associada à pobreza e quase inexistência de (meso e micro) fauna (BARTH, 1958; CLEMENTE, 2006) e clima Nebular condiciona a formação insólita de um horizonte hístico muito espesso e a formação de Organossolos em relevo escarpado, atípico para a classe. Conforme destaca Sá (2010), esses solos não sofrem acumulação sazonal de água, tipicamente encontrada em solos continentais com horizonte superficial hístico (EMBRAPA, 2013). Por tais motivos são considerados endêmicos e fiéis retratos de uma combinação única de fatores: uma verdadeira “jóia pedológica”.

O último destaque a ser dado, e que motivou a seleção de um dos perfis (P2), é o fato dos solos terem seus atributos transformados a partir da interação com a avifauna, configurando o processo de fosfatização e a gênese dos solos ornitogênicos. É fato que não se trata de um processo exclusivo de Trindade, já tendo sido reportado em muitas outras ilhas oceânicas brasileiras (OLIVEIRA *et al.*, 2010; SCHAEFER *et al.*, 2010; OLIVEIRA, *et al.*, 2014) e na Antártica (TATUR & MYRCHA, 1984; MYRCHA *et al.*, 1985; TATUR & BARCZUK, 1985; TATUR, 1989; MYRCHA & TATUR, 1991; SCHAEFER *et al.*, 2004; SIMAS *et al.*, 2007; PEREIRA *et al.*, 2013). Contudo, as ilhas oceânicas são os ambientes mais propícios a sua ocorrência, já que constituem áreas de nidificação prioritária de diversas espécies de aves migratórias. Assim, os solos ornitogênicos são igualmente formados por contextos muito específicos e produzem solos com atributos diferentes dos demais. Além de possuí-los, em Trindade eles parecem ter uma relação íntima com a composição do relevo, conforme destacado por Machado (2016).

CONCLUSÃO

Em Trindade, os materiais de origem incomuns (rochas vulcânicas mais jovens do território brasileiro, de composição básica e alcalina, e os sedimentos bioclásticos carbonáticos), a presença de ambientes singulares, como florestas nebulares de espécies recalcitrantes mantidas pela umidade orográfica em vertentes escarpadas e interações particulares com a colonização da avifauna, são potencialmente produtores de solos com características muito específicas e peculiares, podendo ser reconhecidos como solos endêmicos.

Os dados sobre granulometria e química de rotina foram suficientes para apontar, em um primeiro momento, as peculiaridades dos solos analisados que os tornam únicos no Brasil. Contudo, há necessidade da utilização de outros métodos e técnicas que permitam caracterizá-los de forma mais abrangente. Dentre eles, uma atenção maior deve ser voltada a P3, que necessita de análises que validam a suspeita de suas propriedades ândicas de acordo com o Soil Taxonomy.

Apesar de o endemismo pedológico ser forte na Ilha, a erosão é muito intensa, tanto natural, considerando suas condições morfológicas, quanto àquela acelerada pela ocupação predatória de seu território. Por conseguinte, a cobertura pedológica se caracteriza por ser pouco espessa em alguns domínios e ameaçada em outros, o que suscita investimentos em reconstrução dos sistemas naturais de maneira a preservar a pedodiversidade lá existente e a singularidade de seus solos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, F.F.M. Petrologia da Ilha da Trindade. **Tese** para concurso à cátedra da USP. São Paulo, 1962. 223 p.
- ALMEIDA, F. F. M. Ilhas oceânicas brasileiras e sua relação com a tectônica atlântica. **Terræ Didática**, v. 2, n. 1, p. 3-18, 2006.
- ALMEIDA, B. G. D. E., DONAGEMMA, G. K., RUIZ, H. A., BRAIDA, J. A., VIANA, J. H. M., REICHERT, J. M. M., OLIVEIRA, L. B., CEDDIA, M. B., WADT, P. S., FERNANDES, R. B. A., PASSOS, R. R., DECHEN, S. C. F., KLEIN, V. A., TEIXEIRA, W. G. Comunicado Técnico 66: **Padronização de Métodos para Análise Granulométrica no Brasil**. Embrapa. Rio de Janeiro, 2012, 11p.
- ALVES, R. J. V. **Ilha da Trindade & Arquipélago Martin Vaz – um ensaio geobotânico**. Serviço de Documentação da Marinha, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 1998, 144p.
- ANDERSON, W. B.; POLIS, G. A. Nutrient fluxes from water to land: seabirds affect plant nutrient status on Gulf of California islands. **Oecologia**, v. 118, p. 324-332, 1999.
- BARTH, R. Observações biológicas e meteorológicas feitas na Ilha Trindade. **Memórias do Instituto Oswaldo Cruz**, Rio de Janeiro, v. 56, n.1, p.261-289, 1958.
- BOCKHEIM, J. G. Soil endemism and its relation to soil formation theory. **Geoderma**, v. 129, p. 109-124, 2005.
- BOCKHEIM, J. G., HAUS, N. Soil endemism and its importance to Taxonomic Pedodiversity. In: ILBÁNEZ, J. J., BOCKHEIM, J. G. (Org.). **Pedodiversity**. Boca Raton: CRC Press, 2013, p.195-210.
- CLEMENTE, E. C. Ambientes terrestres da Ilha da Trindade, Atlântico Sul: caracterização do solo e do meio físico como subsídio para a criação e uma unidade de conservação. **Tese** (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa. 2006, 167p.
- CLEMENTE, E. P. SCHAEFER, C. E.; OLIVEIRA, F. S.; ALBUQUERQUE-FILHO, M. R., ALVES, R.V., SÃ, M. M. F.; MELO, V. S. Toposequência de solos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, p. 1357-1371, 2009.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, 1997. 212p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3 ed. rev. ampl. – Brasília, DF: Embrapa, 2013, 353p.
- GUO, Y.; GONG, P; AMUNDSON, R. Pedodiversity in the United States of America. **Geoderma**. n. 117, p. 99-115, 2003.
- HUTCHINSON, G. E. Survey of contemporary knowledge of biogeochemistry. 3 – The biogeochemistry of vertebrate excretion. **Bulletin of the American Museum of Natural History**, v. 96, 1950, 279p.
- ILBÁNEZ, J.J., DE-ALBA, S., LOBO, A., ZUCARELLO, V., Pedodiversity and global soil patterns at coarse scales. **Geoderma**, 83, p. 171-192, 1998.
- JENNY, H. **Factor of soil formation: a system of quantitative pedology**. New York: McGraw-Hill. 1941, 281p.
- MACHADO, M. R. O papel da avifauna na transformação geoquímica de substratos na Ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Dissertação** (Mestrado em Geografia e Análise Ambiental). Universidade Federal de Minas Gerais, 2016, 92p.
- MARQUES, F. A. Caracterização e classificação de solos da ilha de Fernando de Noronha (PE). **Dissertação** (Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco, 2004, 101p.
- MARQUES, F. A., RIBEIRO, M. R., BRITTAR, S. M. B., TAVARES FILHO, A. N., LIMA, J. F. W. F. Caracterização e classificação de Neossolos da ilha de Fernando de Noronha (PE). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 1553-1562, 2007.

- McBRATNEY, A. R. On variation, uncertainty and informatics in environmental soil management. **Australian Journal of Soil Research**, v. 30, p. 913-935, 1992.
- MYRCHA, A., PIETR, S.J., TATUR, A. The role of Pygoscelid penguin rookeries in nutrient cycles at Admiralty Bay, King George Island. In: SIEGFRIED, W.R., CONDY, P.R., LAWS, R.M. (Eds.), **Antarctic nutrient cycles and food webs**. Springer-Verlag, Berlin, p. 156-163, 1985.
- MYRCHA, A., TATUR, A. Ecological role of the current and abandoned penguin rookeries in the land environment of the maritime Antarctic. **Polish Polar Research**, v. 12, n. 1, p. 3-24, 1991.
- OLIVEIRA, F. S. Fosfatização em solo e rocha em ilhas oceânicas. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas). Universidade Federal de Viçosa, 2008, 115p.
- OLIVEIRA, F. S., ABRAHÃO, W. A. P., SCHAEFER, C. E. G. R., SIMAS, F. N. B. Implicações geomorfológicas e paleogeográficas das crostas fosfáticas do Arquipélago de São Pedro e São Paulo, Atlântico Norte. **REM: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, 63(2): p.239-246, 2010.
- OLIVEIRA, F. S., SCHAEFER, C. E. G. R., ABRAHÃO, W. A. P., CLEMENTE, E. P., SIMAS, F. N. B. Soil-geomorphology interactions and paleoclimatic implications of an ornithogenic soil toposequence on Rata Island, Fernando de Noronha Archipelago, South Atlantic. **Journal of South American Earth Sciences**, 52:119-128, 2014.
- PEREIRA, T. T. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; KER, J. C.; ALMEIDA, C. C.; ALMEIDA, I. C. C. Micromorphological and microchemical indicators of pedogenesis in ornithogenic cryosols (gelisols) of Hope Bay, Antarctic Peninsula. **Geoderma**, p.193-194, 311-322, 2013.
- PIRES, G. L. C., BONGIOLO, E. M., GERALDES, M. C., RENAC, C. SANTOS, A. C., JOURDAN, F., NEUMANN, R. New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ and revisited $^{40}\text{K}/^{40}\text{Ar}$ data from nephelinitic-phonolitic volcanic successions of the Trindade Island (South Atlantic Ocean). **Journal of Volcanology and Geothermal Research**, v. 327, p. 531-538, 2016.
- RIBEIRO, P. A. Expedição à Ilha da Trindade. **Revista Brasileira de Geografia**, v. 13, n. 2, p. 293-314, 1951.
- ROLIM NETO, F. C.; SCHAEFER, C. E. G. R.; FERNANDES FILHO, E. I.; CORREA, M. M.; COSTA, L. M.; PARAHYBA, R. B. V.; GUERRA, S. M. S.; HECK, R. Topolitossequências de solos no Alto Paranaíba: atributos físicos, químicos e mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1795-1809, 2009.
- SÁ, M. M. F. Caracterização ambiental, classificação e mapeamento dos solos da ilha da Trindade, Atlântico Sul. **Dissertação** (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas), Universidade Federal de Viçosa, 2010, 58p.
- SCHAEFER, C.E.G.R., SIMAS, F.N.B., ALBUQUERQUE-FILHO, M.R., MICHEL, R.F.M., VIANA, J.H.M., TATUR, A. Fosfatização: processo de formação de solos na Baía do Almirantado e implicações ambientais. In: SCHAEFER, C.E.G.R., FRANCELINO, R., SIMAS, F.N.B., ALBUQUERQUE FILHO, R. (eds.), **Ecosistemas costeiros e monitoramento ambiental da Antártica Marítima, Baía do Almirantado, Ilha Rei George**. NEPUT e Departamento de Solos, Viçosa, 2004, p.47-59.
- SCHAEFER, C. E. G. R., SIMAS, F. N. B., ALBUQUERQUE, M. A., SOUZA, E., DELPUPO, K. K. Fosfatização de solos e evolução da paisagem no arquipélago de Abrolhos, BA. **REM: Revista da Escola de Minas**, Ouro Preto, v. 63, n. 4, p. 727-734, 2010.
- SIMAS, F. N. B., SCHAEFER, C. E. G. R., MELO, V. F., ALBUQUERQUE-FILHO, M. R., MICHEL, R. F. M., PEREIRA, V. V., GOMES, M. R. M., COSTA, L. M. Ornithogenic cryosols from Maritime Antarctica: phosphatization as a soil forming process. **Geoderma**, 138: 191-203, 2007.
- SOIL SURVEY STAFF. **Keys to Soil Taxonomy**, 11th Edition. USDA-SCS. U.S. Government Printing Office, Washington, D.C. 338p. 2010.
- TATUR A., MYRCHA A. Ornithogenic soils on King George Island (maritime Antarctic zone). **Polish Polar Research**, 5:31-60, 1984.
- TATUR, A. Ornithogenic soils of the maritime antarctic. **Polish Polar Research**, v. 4, p. 481-532, 1989.
- TATUR, A., BARCZUK, A. Ornithogenic phosphates on King George Island, Maritime Antarctic. In: SIEGFRIED, W.R., CONDY, P.R., LAWS, R.M. (Eds.), **Antarctic nutrient cycles and food webs**. Springer-Verlag, Berlin, 1985, p. 163-169

- TOOMANIAN, N. Pedodiversity and Landforms. In: ILBÁNEZ, J. J., BOCKHEIM, J. G. (Org.). **Pedodiversity**. Boca Raton: CRC Press, 2013, cap. 6.
- WALTER, H. S. The mismeasure of islands: implications for biogeographical theory and the conservation of nature. **Journal of Biogeography**, v. 31, p. 177-197, 2004.