

# SEÇÃO V - GÊNESE, MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO DO SOLO

## MORFOLOGIA E CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA DE NEOSSOLOS E SAPROLITOS DERIVADOS DE ROCHAS VULCÂNICAS DA FORMAÇÃO SERRA GERAL NO RIO GRANDE NO SUL<sup>(1)</sup>

Fabrizio de Araújo Pedron<sup>(2)</sup>, Antonio Carlos de Azevedo<sup>(3)</sup>, Ricardo Simão Diniz  
Dalmolin<sup>(4)</sup>, Sidinei Leandro Klockner Stürmer<sup>(5)</sup> & Fábio Pacheco Menezes<sup>(6)</sup>

### RESUMO

Os Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos são solos pouco estudados no Brasil devido ao seu baixo potencial relativo de uso. Esse fato se reflete em dificuldades na execução da sua descrição morfológica no campo, principalmente no que se refere aos contatos entre solo, saprolito e rocha, e na sua classificação no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Nesse sentido, os objetivos deste trabalho foram: contribuir na definição morfológica dos contatos entre solo, saprolito e rocha dessas classes de solos no campo; gerar dados sobre a camada saprolítica e testar a sua inclusão na subordem dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos; e avaliar os atributos diagnósticos e classes disponíveis no sistema brasileiro de classificação de solos para a classificação dos Neossolos Litólicos e Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande do Sul. Foram analisados cinco perfis dispostos em uma litoclimossequência. Os contatos foram identificados pelo uso do teste de escavação com a pá reta, associado à análise do fraturamento do saprolito e às classes de intemperismo propostas neste trabalho. Os contatos referentes à presença de camada saprolítica encontrados nos perfis não são contemplados no sistema brasileiro. Foram propostos atributos diagnósticos para a classificação dos Neossolos Regolíticos, sugerindo-se a troca do termo “Regolítico” por “Saprolítico”. Também foram sugeridas novas classes para o terceiro nível categórico, considerando informações

---

<sup>(1)</sup> Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo da Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Recebido para publicação em maio de 2008 e aprovado em dezembro de 2008.

<sup>(2)</sup> Professor do Departamento de Solo, Universidade Federal de Santa Maria – UFSM. Av. Roraima 1000, CEP 97105-900 Santa Maria (RS). E-mail: fapedron@ymail.com

<sup>(3)</sup> Professor do Departamento de Ciência do Solo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Caixa Postal 09, CEP 13418-900 Piracicaba (SP). E-mail: aazevedo@esalq.usp.br

<sup>(4)</sup> Professor do Departamento de Solos, UFSM. Bolsista do CNPq. E-mail: dalmolin@pesquisador.cnpq.br

<sup>(5)</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS. Av. Bento Gonçalves 7712, Caixa Postal 15100, CEP 91540-000 Porto Alegre (RS). E-mail: sidineileandro@gmail.com

<sup>(6)</sup> Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, UFSM. E-mail: fmbio@gmail.com

**como posição do contato saprolítico, resistência à escavação e grau de fraturamento do material. Os atributos diagnósticos e as classes propostas permitiram uma classificação mais adequada dos Neossolos derivados de rochas vulcânicas, no Rio Grande do Sul.**

**Termos de indexação: pedologia, solos rasos, classificação de solos, morfologia de solos, sistema brasileiro de classificação de solos.**

**SUMMARY: MORPHOLOGY AND TAXONOMY CLASSIFICATION OF NEOSSOLOS AND SAPROLITES DERIVED FROM VOLCANIC ROCK OF THE SERRA GERAL FORMATION IN RIO GRANDE DO SUL, BRAZIL**

*The soil types Neossolos Litólicos (Leptosols) and Neossolos Regolíticos (Regosols) have been poorly studied in Brazil, due to their relatively low potential for agricultural use. Consequently the morphological description of Neossolos in the field is also hampered, particularly in terms of contacts between soil, saprolite and rock, and their classification in the Brazilian Soil Classification System. The purpose of this study was: to define morphologically the contact between soil, saprolite and rock in Neossolos; generate data of the saprolite layer and test an inclusion in the suborder Neossolos Litólicos and Neossolos Regolíticos; and evaluate the diagnostic attributes and classes available in the Brazilian Soil Classification System for the of Neossolos Litólicos and Regolíticos derived from volcanic rocks of the Serra Geral formation in Rio Grande do Sul, State, Brazil. Five profiles of litho-climosequence were analyzed. The contacts were characterized based on the straight shovel excavation test associated to analyses of saprolite fracture and weathering classes. The contacts related to the presence of saprolite layers identified in the profile are not taken into consideration in the Brazilian Soil Classification System. Diagnostic attributes for the classification of Neossolos Regolíticos were proposed as well as a change of the term from "Regolítico" to "Saprolítico". New classes were also suggested for the third categorical level, based on information such as soil position and saprolite contact, excavation resistance and cracking level of the material. The proposed diagnostic attributes and classes allowed a more adequate classification of Neossolos derived from volcanic rocks in the State of Rio Grande do Sul.*

*Index terms: pedology, shallow soils, soil morphology, soil classification, Brazilian soil classification system.*

## INTRODUÇÃO

A sequência de horizontes e a profundidade efetiva são características morfológicas que podem influenciar o potencial de uso do solo. As classes dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos caracterizam-se por apresentarem sequência de horizontes e camadas A-R ou A-C-R, com reduzida profundidade efetiva (Embrapa, 2006). Os Neossolos rasos apresentam contato lítico relativamente próximo à superfície. A presença de contato lítico ou saprolito altera a profundidade efetiva, influenciando o seu potencial ecológico e tecnológico (Machado, 1997; Oliveira, 2001). A anotação desses aspectos morfológicos dos Neossolos é fundamental para a compreensão dos fluxos de água e solutos nesses solos (Schafer et al., 1979).

A profundidade limitante dos Neossolos transfere às camadas saprolíticas importante papel na sustentação de diversas atividades humanas.

Entretanto, devido à falta de informações mais detalhadas sobre o assunto no Brasil, há dificuldade eminente de separar solo e saprolito e também de determinar o tipo de contato que ocorre no perfil (Schafer et al., 1979; Stolt & Baker, 1994; Machado, 1997). Alguns casos de interpretação incorreta dos contatos levam à classificação de solos rasos, com camada saprolítica dentro de 50 cm da superfície, como Neossolos Litólicos, dificultando a interpretação do seu potencial de uso (Oliveira, 2001).

De acordo com Embrapa (1999), saprolito é o resultado do intemperismo da rocha, com variado grau de intensidade, mantendo sua estrutura de origem e dureza compatível com qualquer condição de rocha semialterada. Acontece que, devido à variação na intensidade do intemperismo, além da quantidade e disposição das fraturas, o saprolito apresenta diferentes graus de limitação ao crescimento de raízes, à circulação de água e à escavação (Pedron, 2007; Stürmer, 2008).

Para os Neossolos rasos, a camada saprolítica é de grande importância, porque muitas vezes é nesse material que as raízes das plantas crescem. No Brasil, o saprolito é muito pouco estudado e deveria receber maior atenção por parte dos pesquisadores, não só pela sua importância agrônômica – no caso dos Neossolos Regolíticos –, mas também devido à sua importância geotécnica e ambiental (Oliveira, 2001). Tanto que Lietzke & Weber (1981) sugerem a inclusão do saprolito como parte integrante do solo.

Testes mineralógicos, químicos e físicos podem ser utilizados para distinção entre os horizontes pedogenéticos e os materiais saprolíticos. Entretanto, no campo, os ensaios morfológicos são essenciais e ainda necessitam de aprimoramentos, visto que os testes mais usados são considerados subjetivos e inconsistentes, dificultando a padronização dessa informação (Machado, 1997; Oliveira, 2001). Essas dificuldades refletem-se na utilização do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) para classificação dos Neossolos rasos (Machado, 1997; Oliveira, 2001; Pedron, 2007; Marques et al., 2007).

Nesse contexto, este trabalho analisou a morfologia de cinco perfis de Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos derivados de rochas vulcânicas da Formação Serra Geral no Rio Grande do Sul, com os objetivos de contribuir na definição morfológica dos

contatos entre solo, saprolito e rocha dessas classes de solos no campo; gerar dados da camada saprolítica e testar a sua inclusão na ordem dos Neossolos; e avaliar a adequação dos atributos diagnósticos e as classes encontradas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos-SiBCS (Embrapa, 2006) referentes à classificação dos Neossolos Litólicos e Regolíticos.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Localização dos pontos amostrais e caracterização do meio físico

Foram coletadas amostras de solo, saprolito e material de origem em cinco perfis dispostos em uma litoclimossequência na extremidade sul da Formação Serra Geral da Bacia do Paraná, no Rio Grande do Sul. Os pontos encontram-se em um transecto, na direção Oeste-Leste, seguindo aproximadamente o paralelo 29 ° Sul. Os perfis foram coletados desde o município de Itaqui, seguindo pelos municípios de Unistalda, Ibarama, Caxias do Sul, até Bom Jesus, em uma distância aproximada de 600 km, sendo identificados, respectivamente, como P1, P2, P3, P4 e P5 (Figura 1).

Perfil	
Precipitação pluvial média anual	P1 1.450 mm
Temperatura média anual	20 °C
Coordenadas geográficas	29 ° 9,093' S - 56 ° 22,161' W
Vegetação natural	Campo com espinheiro
Uso atual	Pecuária em campo nativo
Relevo	Ondulado (3-8 %)
Material de origem	Basalto
Altitude	82 m
Classificação	Neossolo Regolítico Eutrófico léptico
P2	P3
1.530 mm	1.980 mm
18 °C	17 °C
29 ° 4,106' S - 55 ° 5,828' W	29 ° 25,327' S - 53 ° 6,474' W
Campo com espinheiro	Floresta estacional
Pecuária em campo nativo	Floresta nativa
Ondulado (8-20 %)	Forte ondulado (20-45 %)
Basalto	Basalto
150 m	380 m
Neossolo Regolítico Eutrófico típico	Neossolo Regolítico Eutrófico típico
P4	P5
1.660 mm	1.550 mm
16 °C	14 °C
29 ° 10,406' S - 51 ° 13,675' W	28 ° 32,172' S - 50 ° 20,314' W
Floresta ombrófila mista	Floresta ombrófila densa
Floresta nativa	Pecuária em campo nativo
Ondulado (8-20 %)	Suave ondulado (3-8 %)
Riólito-riodacito	Riólito-riodacito
770 m	1.055 m
Neossolo Litólico Distro-úmbrico típico	Neossolo Regolítico Húmico típico



**Figura 1. Características ambientais dos pontos amostrais. Dados climáticos extraídos de Buriol et al. (1979) e IPAGRO (1989); dados de vegetação natural extraídos de IBGE (1986) e classificação conforme Embrapa (2006).**

## Procedimentos analíticos

As amostras foram coletadas em todos os horizontes e camadas de cada perfil, em parede de coleta de aproximadamente um metro de largura. Material grosseiro ( $> 2$  mm) e terra fina ( $< 2$  mm) foram coletados juntos e acondicionados em sacos plásticos para o transporte até o laboratório, onde foram secos ao ar. A descrição morfológica de atributos como granulometria, sequência e profundidade dos horizontes, presença de raízes e transição entre horizontes seguiu a proposta de Santos et al. (2005).

A determinação da granulometria total foi efetuada em relação à massa total da amostra seca coletada no campo, diretamente na face do perfil, em três repetições. As amostras foram separadas por tamisamento seco nas seguintes classes granulométricas: terra fina ( $< 2$  mm), cascalho (2 a 20 mm), calhaus (20 a 200 mm) e matacões ( $> 200$  mm).

Para identificação dos contatos entre solo, saprolito e rocha foi utilizado o teste da pá reta (Soil Survey Staff, 1993), também conhecido como teste de escavação. Os resultados do teste da pá reta foram utilizados para proposição de um quadro com classes de intemperismo que mais refletem o grau de alteração das rochas e saprolitos sob Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Estado. Essas classes de intemperismo propostas foram baseadas nas classes de ISRM (1978) e Clayton et al. (1979).

A notação das fraturas no perfil é imprescindível à determinação do tipo de contato entre solo, saprolito e rocha. A análise das fraturas seguiu o método proposto por Pedron (2007), chamado de diagrama de fraturas. Foram anotados o azimute do sentido do mergulho, o ângulo de inclinação em relação ao horizonte, o espaçamento entre fraturas, a espessura e o preenchimento das fraturas. Essas informações foram dispostas em diagramas devidamente legendados.

Os dados morfológicos obtidos foram analisados para fins de classificação taxonômica, em que critérios diagnósticos foram propostos e comparados com o SiBCS (Embrapa, 2006). A comparação entre os dados gerados e a estrutura do SiBCS para a subordem dos Neossolos Litólicos e Neossolos Regolíticos visou analisar a capacidade do sistema em classificar os perfis estudados; quando necessário, efetuou-se a proposição de uma estrutura alternativa para a classificação desses solos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Existe uma dificuldade de interpretação do horizonte C e camada Cr na descrição de perfis de solo no campo (Tandarich et al., 2002; Azevedo & Vidal-Torrado, 2006). Neste trabalho, foram utilizadas as seguintes denominações para designar o saprolito: o

“horizonte” C é definido quando predomina nele a estrutura do solo, e a “camada” Cr, quando se mantém a estrutura da rocha, mas pode ser escavada com uma pá (Santos et al., 2005); quando o saprolito não pode ser escavado com uma pá, mas difere da rocha não intemperizada (R), foram utilizadas as denominações RCr e CrR, conforme Embrapa (2006).

Os perfis 1 e 5 apresentaram a sequência de horizonte A e camadas Cr-CrR-RCr-R; o P4 apresentou horizonte A sobrejacente a camadas RCr; e o P2 e P3, horizonte A sobre as camadas Cr-R. No caso do P1, P3 e P5, ocorreram transições mescladas entre A e Cr (Quadro 1). Em termos de profundidade, o limite inferior do horizonte A variou desde 15 a 40 cm, e, quando se considerou o horizonte/camada intermediária, a variação do horizonte A se estabeleceu desde 30 até 110 cm. A camada Cr, desconsiderando a sua transição para a camada R, apresentou variação de profundidade desde 70 até mais de 205 cm.

Os dados referentes à granulometria da fração total mostram que a fração grosseira ( $> 2$  mm) aumenta do horizonte A em direção à rocha em todos os perfis. Fragmentos grosseiros no horizonte A variaram desde  $230 \text{ g kg}^{-1}$  no P5 até  $760 \text{ g kg}^{-1}$  no P2. Na camada/horizonte Cr/A, considerando todos os perfis, a variação foi de  $590 \text{ g kg}^{-1}$  no P5 até  $870 \text{ g kg}^{-1}$  no P2.

A análise de nitidez da transição entre os horizontes e camadas mostrou que há predomínio da transição clara e gradual, enquanto a análise da forma da transição mostrou predomínio de transição plana, porém com significativa ocorrência de transição ondulada e irregular. A variabilidade espacial da transição entre horizontes em perfis pouco desenvolvidos é frequentemente grande, sendo resultado da ação dos diferentes microambientes no intemperismo dos materiais.

Em relação à presença de raízes, embora todos os perfis tenham apresentado limitações ao seu crescimento, devido ao significativo volume de material grosseiro, encontraram-se raízes em profundidades superiores a 70 cm em todos os perfis. Nesse caso, como as raízes penetram nas fraturas das camadas Cr, CrR e RCr, verificou-se que a presença de raízes, embora não tenha sido eficiente na identificação dos contatos existentes nos perfis, foi importante na indicação do grau de fraturamento dos materiais.

No quadro 2 encontram-se as classes de intemperismo de rochas e saprolitos propostas para materiais vulcânicos básicos e ácidos encontrados no Estado do Rio Grande do Sul. Com base na análise dos dados de campo e sugestão de Buol (1990), recomenda-se a alocação do contato lítico na classe I3 (rocha moderadamente alterada). Isso porque o critério utilizado na definição do contato lítico não é o grau de alteração mineralógica, e sim a resistência mecânica (dureza) imposta às raízes e à escavação.

**Quadro 1. Dados morfológicos relativos a sequência dos horizontes, granulometria total, transição entre horizontes, raízes e resistência à escavação dos Neossolos estudados**

Perfil	Hz	Profundidade	Granulometria total			Transição entre horizontes <sup>(1)</sup>	Raízes <sup>(2)</sup>	Resistência à escavação <sup>(3)</sup>
			Calhaus	Cascalho	Terra fina			
		cm	g kg <sup>-1</sup>					
1	A	0-15	280	360	360	cl, o	muitas	-
	Cr/A	15-30	290	540	170	cl, pl	muitas	moderada
	CrR	30-70	430	430	140	cl, pl	poucas	alta
	RCr	70-180	920	60	20	cl, pl	poucas	alta a muito alta
	R	180+	-	-	-	-	-	-
2	A	0-21	200	560	240	cl, o	muitas	moderada a alta
	Cr1	21-90	530	340	130	cl, pl	comuns	moderada a alta
	Cr2	90-182	480	400	120	cl, o	poucas a raras	moderada a alta
	R	182+	-	-	-	-	-	-
3	A	0-30	370	220	410	cl-gr, pl	muitas	moderada a alta
	Cr/A	30-110	440	340	220	cl-gr, pl	comuns	moderada a alta
	Cr	110-170	330	440	230	gr, pl -ir	poucas a raras	moderada a alta
	R	170+	-	-	-	-	-	-
4	A	0-40	490	260	250	gr, ir	muitas	-
	RCr1	40-85	700	150	150	gr, ir	muitas	muito alta
	RCr2	85-280	890	70	40	gr, ir	raras	muito alta
	R	280+	-	-	-	-	-	-
5	A	0-20	10	220	770	ab-cl, ir	muitas	-
	Cr/A	20-45	180	410	410	cl, ir -o	comuns	baixa a moderada
	Cr	45-78	250	460	290	cl, pl -o	poucas	moderada a alta
	CrR	78-205	820	140	40	cl, pl -o	raras	moderada a alta
	R	205+	-	-	-	-	-	-

<sup>(1)</sup> ab-abrupta, cl-clara, gr-gradual, pl-plana, o-ondulada, ir-irregular. <sup>(2)</sup> Entre as fraturas, estimadas conforme sugestão de Santos et al. (2005). <sup>(3)</sup> Teste da pá reta (Soil Survey Staff, 1993).

A partir do contato lítico, as camadas mais profundas seriam simbolizadas com a presença da letra “R” maiúscula. Quando o material rochoso nessas camadas já apresenta sinais de alteração intempélica, inclusive com presença de terra fina e raízes entre fraturas, sugere-se a simbologia “RCr” (Embrapa, 2006). O material saprolítico passaria a ser considerado horizonte quando não oferecesse resistência à escavação manual com a pá reta e apresentasse predomínio de estrutura do solo, com evidências significativas de pedogênese, sendo simbolizado pela letra “C” maiúscula. Enquanto o material mantivesse a estrutura da rocha, seria designado como camada, indicada pela simbologia “Cr” (Embrapa, 1988; Buol, 1990; Santos et al., 2005).

Os dados referentes às fraturas (Figura 2) mostraram que os cinco perfis apresentam elevado

grau de fraturamento, com ampla variação angular e espaçamento menor que 10 cm entre fraturas. Essa configuração favorece a movimentação de água e materiais minerais e orgânicos no perfil, bem como a penetração de raízes nas fraturas, que variam, no P1, P4 e P5, desde poucos milímetros até 1 cm de espessura. A análise das fraturas, juntamente com a anotação das raízes, torna evidente o elevado grau de fraturamento das camadas saprolíticas e rochosas dos cinco perfis estudados. Esses dados contribuiriam para o entendimento do tipo de contato em cada perfil.

No P1, as camadas Cr/A e CrR apresentaram resistência à escavação e à penetração de raízes incompatível com o contato lítico. A resistência à escavação e a distância horizontal entre fraturas nas camadas Cr/A e CrR do P1 indicaram contato com limitações inferiores, para a exploração antrópica, às

**Quadro 2. Classes de intemperismo propostas para rochas e saprolitos vulcânicos sob Neossolos do Rio Grande do Sul**

Classe	Palavra-chave	Descrição	Camada ou Hz
I1	Rocha inalterada (contato lítico)	Apresenta som metálico com pancada de martelo; coloração máfica; fraturas quando existentes apresentam junções angulares; o material não pode ser escavado manualmente; não há penetração de raízes, exceto pelas fraturas, que geralmente ocorrem com espaçamento superior a 10 cm.	Camada R
I2	Rocha pouco alterada (contato lítico)	Apresenta som metálico com pancada de martelo; a coloração pode ser máfica ou parcialmente mais clara; apresenta fraturas com juntas distintas e angulares; a dificuldade de escavação manual inviabiliza esta, embora possa ser parcialmente escavada com picareta. A picareta não corta o material, mas o fragmenta em blocos.	Camada RCr
I3	Rocha moderadamente alterada (contato lítico)	O material mantém a estrutura da rocha; pode ser escavado com picareta com moderada dificuldade, mas inviabiliza a escavação com a pá de corte; pancadas com martelo pedológico e picareta rompem em blocos grandes e pequenos; a pancada não consegue cortar o material, mas apenas fraturá-lo; raízes não penetram no material, somente nas fraturas; apresentam juntas angulares e distintas. A coloração é clara, podendo apresentar o interior máfico. Geralmente o interior dos blocos ainda mantém coloração escura, semelhante à cor da rocha sã.	Camada RCr
I4	Rocha alterada (saprolito)	O material mantém a estrutura da rocha; não pode ser quebrado com as mãos, e sim com a pá de corte, martelo ou picareta, rompendo-se em blocos grandes e pequenos; a pancada corta o material; raízes não penetram no material, somente nas fraturas; apresentam juntas angulares e distintas. A coloração é geralmente clara.	Camada CrR
I5	Rocha muito alterada (saprolito)	O material mantém a estrutura da rocha, podendo ser quebrada com as mãos sem dificuldade, dividindo-se em fragmentos grandes e pequenos; pode não ser friável e não é plástico; pode ser cortado com a faca sem dificuldade; ainda não permite a penetração de raízes. Pode apresentar canais biológicos e juntas angulares e subangulares.	Camada Cr
I6	Rocha severamente alterada (saprolito)	O material pode ser friável quando úmido e plástico quando molhado; pode ser quebrado sem dificuldade com a mão, pulverizando-se ou dividindo-se em muitos fragmentos pequenos; pode ser cortado facilmente com a faca; não oferece resistência à penetração de raízes. Pode apresentar canais biológicos e juntas angulares e subangulares; geralmente apresenta estrutura maciça, dificultando a percepção das fraturas.	Camada Cr
I7	Rocha completamente alterada (solo)	O material apresenta predomínio de estrutura do solo, com sinais consideráveis de pedogênese.	Horizonte C

do contato lítico. O mesmo comportamento ocorre com o P2 e o P3. No P1, a camada RCr apresenta resistência à escavação compatível com a do contato lítico e fraturamento abundante com espaçamento inferior a 10 cm, sugerindo contato lítico fragmentário. O mesmo ocorre nas camadas RCr1 e RCr2 do P4.

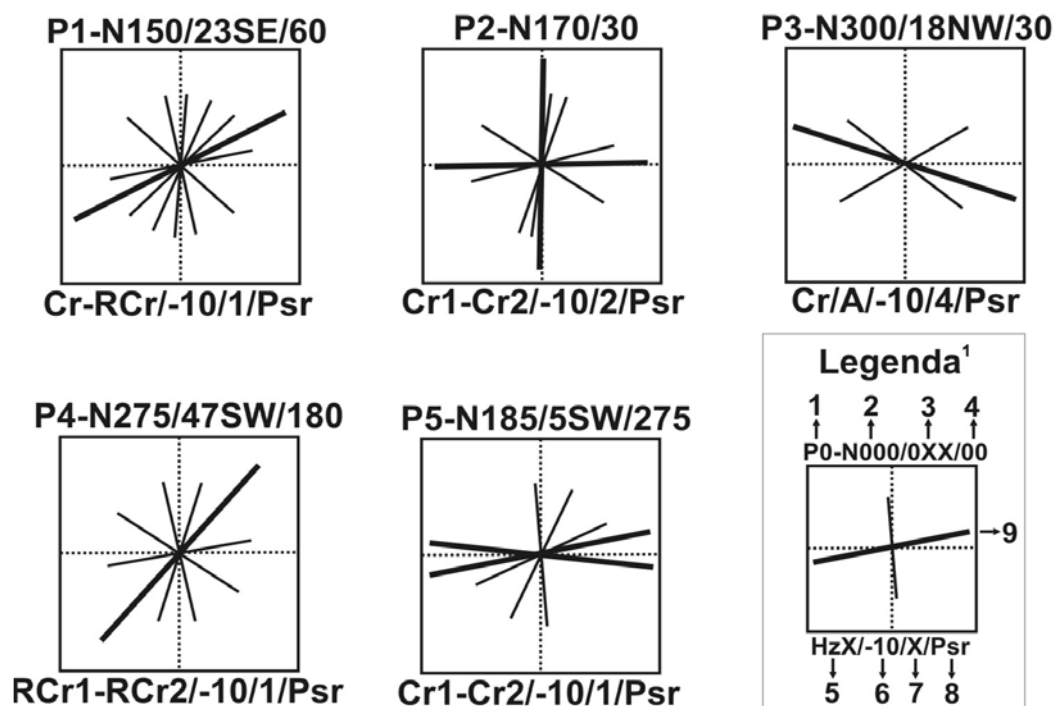
Entretanto, no P5, especialmente na camada Cr/A, o material grosseiro, além de ser facilmente escavado com a pá reta e abundantemente fraturado, permite a penetração de raízes, sugerindo um tipo de contato sem limitações à permeabilidade de água e raízes. Perfis com camadas saprolíticas severamente alteradas podem ter suas restrições reduzidas para

usos com atividades agrícolas, aterros sanitários, cemitérios e fossas sépticas (Lietzke & Weber, 1981; Oliveira, 2001).

A maioria das camadas estudadas apresentou tipos de contato que não correspondem aos encontrados na segunda edição do SiBCS. Nesse caso, a dificuldade de enquadramento dos contatos entre o solo e o saprolito, nesse sistema, está relacionada com a configuração fragmentada e a baixa resistência à escavação dos materiais encontrados. Esses contatos situam-se aproximadamente a 15 cm (P1), 21 cm (P2), 30 cm (P3) e 20 cm (P5) da superfície, o que indica que a porção superficial do perfil, que apresenta

elevado interesse ambiental e técnico, não é discriminada pela atual versão do SiBCS. Nesse contexto, visando à elucidação de características importantes do perfil por meio da sua classificação, foram sugeridos atributos diagnósticos, relacionados aos contatos, que facilitassem a classificação dos Neossolos Litólicos e Regolíticos estudados neste trabalho (Quadro 3).

O contato saprolítico ocorre em diferentes condições, dependendo do estágio de intemperização, entre os horizontes A ou C e o saprolito (camada Cr ou CrR), onde a dureza do material permite a escavação manual com pá reta, mas não a penetração de raízes, exceto pelas fraturas. O contato hipersaprolítico ocorre entre os horizontes A ou C e a camada Cr, onde o elevado grau de alteração do material saprolítico



<sup>(1)</sup> Legenda: 1 - identificação do perfil; 2 - azimute do sentido do mergulho; 3 - ângulo de inclinação do mergulho em relação ao horizonte e indicação do quadrante de mergulho; 4 - azimute do sentido de exposição do perfil; 5 - horizonte(s) referido(s); 6 - espaçamento entre fraturas inferior a 10 cm; 7 - espessura das fraturas em cm; 8 - preenchimento das fraturas com solo e raízes; 9 - indicação do ângulo das fraturas predominantes (traços em negrito) e das fraturas secundárias (traços menores e simples).

**Figura 2. Diagrama de fraturas das camadas saprolíticas dos Neossolos analisados.**

**Quadro 3. Atributos diagnósticos relacionados aos contatos entre solo, saprolito e rocha, para as classes dos Neossolos Litólicos e Regolíticos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul (Embrapa, 2006 e sugestões dos autores)**

Contato	Resistência à escavação <sup>(1)</sup>	Penetração de raízes	Fraturas	Profundidade
Lítico <sup>(2)</sup>	resistente	nas fraturas	poucas, > 10 cm	dentro de 50
Lítico Fragmentário <sup>(2)</sup>	resistente	nas fraturas	muitas, < 10 cm	dentro de 50
Saprolítico <sup>(3)</sup>	fraca a moderada	nas fraturas	poucas, > 10 cm	dentro de 200
Saprolítico fragmentário <sup>(3)</sup>	fraca a moderada	nas fraturas	muitas, < 10 cm	dentro de 200
Hipersaprolítico <sup>(3)</sup>	fraca	nas fraturas e no saprolito	poucas ou muitas, </> 10 cm	dentro de 200

<sup>(1)</sup> Classes de resistência à escavação do teste da pá reta (Soil Survey Staff, 1993). <sup>(2)</sup> Existente no SiBCS (Embrapa, 2006).

<sup>(3)</sup> Sugestões dos autores.

permite a escavação manual com pá reta e a livre penetração de raízes.

Os contatos saprolítico fragmentário e hipersaprolítico são importantes porque distinguem materiais quanto à resistência imposta pelo saprolito à penetração de raízes, além de separarem materiais com densidades de fratura distintas, as quais restringem a penetração de raízes quando a dureza do saprolito for restritiva, no caso do contato saprolítico. Em perfis mais desenvolvidos, onde o saprolito encontra-se mais alterado, como no P5, os atributos referentes aos contatos saprolíticos propostos indicam e fornecem informações importantes para o cultivo de vegetais e potencialidades de corte para construções e para usos com obras sanitárias.

Para a subordem Neossolos Litólicos, os contatos lítico e lítico fragmentário foram suficientes para a separação dos materiais mais resistentes à escavação, assim como verificado por Marques et al. (2007). Contudo, uma definição mais clara desses contatos pode contribuir para sua melhor compreensão por parte dos usuários, como, por exemplo, no que se refere ao espaçamento entre fraturas no contato lítico fragmentário.

Em relação à taxonomia dos Neossolos Regolíticos, algumas considerações se fazem necessárias. O termo regolítico, oriundo dos antigos Regossolos e derivado de regolito (do grego: rego - manto de alteração - lito - rocha), tem sido amplamente utilizado na literatura internacional para caracterizar toda a camada superficial da terra que não é rocha consolidada (inalterada), incluindo os solos e os saprolitos (Stolt & Baker, 1994; Butt et al., 2000; Eggleton, 2001). No Brasil, Oliveira (2001) também adota esse conceito. Já no SiBCS (Embrapa, 2006), esse termo denota a presença de material mais intemperizado com contato lítico em profundidade maior que 50 cm. Considerando a etimologia do termo regolítico e seu emprego, percebe-se que, no âmbito da pedologia, todos os solos são regolíticos, sendo ele então inapropriado para definição em segundo nível categórico de uma classe específica. Nesse caso, o termo Neossolo Regolítico é redundante, pois até mesmo os Neossolos Litólicos e os Neossolos Quartzarênicos, por exemplo, são regolíticos.

Existe uma explicação possível para o uso do termo regolítico nesse caso, a qual se refere à possibilidade de ser encontrado, em uma pequena profundidade, todo o regolito, o que de fato ocorre em alguns Neossolos rasos que apresentam camada saprolítica sobre o contato lítico, que ocorre em profundidade maior que 50 cm. Entretanto, não há justificativa para a manutenção desse termo, pois, além de ser etimologicamente inadequado, a descrição da presença de camadas de rochas alteradas (saprolito) pode ser efetuada pelo termo "saprolítico", permitindo uma associação direta com a sua definição, atendendo a um objetivo importante dos sistemas de classificação (Cline, 1949). Estudos de Neossolos da Ilha de

Fernando de Noronha, Pernambuco, levaram Marques et al. (2007) a sugerirem a criação da subordem Neossolo "Saprolítico" para suprir a mesma demanda encontrada neste trabalho.

Em subordens como a dos Neossolos Litólicos e Neossolos "Saprolíticos", onde a profundidade é rasa, a maior limitação ao crescimento de raízes e infiltração de água é a presença de contato lítico muito próximo à superfície, ou a presença de saprolito pouco fraturado e com densidade limitante às raízes. Nessa situação, mesmo os Neossolos com alta fertilidade natural são classificados como solos com baixo potencial relativo de uso.

Considerando que o tipo e posição do contato entre solo, saprolito e rocha é mais limitante ao uso agrícola e não-agrícola dos Neossolos que a sua fertilidade, sugere-se que essas informações sejam expressas em nível categórico mais alto: no terceiro nível. No caso dos Neossolos "saprolíticos", conforme o SiBCS, no terceiro nível categórico devem ser consideradas propriedades que restringem o crescimento das raízes e alteram o livre movimento da água no solo, como dureza, fraturamento e posição do contato no perfil. As informações mais ligadas à fertilidade e presença de determinados horizontes podem ser alocadas no quarto nível categórico.

Neste trabalho são apresentadas sugestões de alteração da classe no segundo nível categórico e inclusão de novas classes no terceiro nível categórico para os Neossolos "Saprolíticos" (Quadro 4). Essas proposições foram baseadas nas características dos perfis analisados e nos contatos encontrados e sugeridos, visando permitir a separação, em classes diferentes, de perfis com materiais saprolíticos distintos em termos de dureza e fraturamento dos materiais e sua posição no perfil. Considerando os poucos estudos com Neossolos e sua importância ambiental no Rio Grande do Sul, onde os Neossolos rasos compreendem acima de 20 % do território do Estado (Brasil, 1973), as sugestões apresentadas são pertinentes e devem servir de estímulo a novos estudos para o desenvolvimento da classe dos Neossolos.

A segunda edição do SiBCS (Embrapa, 2006) não permitiu, em qualquer nível categórico, a diferenciação em termos de dureza do material saprolítico do P5 em relação ao P1, P2 e P3. Isso ocorreu porque as classes do quarto nível separam os materiais em função da configuração de fraturas, no caso dos Neossolos Litólicos, e da posição do material mais alterado no perfil, no caso dos Neossolos Regolíticos. A utilização dos contatos sugeridos (saprolítico, saprolítico fragmentário e hipersaprolítico) e a inclusão de classes referentes a estes no terceiro nível categórico da subordem "Saprolítico" permitiu uma melhor distinção entre os perfis quanto ao fraturamento, dureza e posição no perfil. Essas informações associadas permitem maior entendimento do comportamento do regolito, contribuindo com diversas áreas profissionais.



**Quadro 4. Classificação sugerida para os Neossolos “Saprolíticos” derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul**

Segundo nível (subordem)	Terceiro nível (grande grupo)	Definição das classes propostas ao terceiro nível categórico
Saprolítico	Saproléptico	solo com contato lítico entre 50 e 100 cm da superfície do solo, com contato hipersaprolítico dentro de 100 cm da superfície
	Fragléptico	solo com contato lítico entre 50 e 100 cm da superfície do solo, com contato saprolítico fragmentário acima deste.
	Léptico <sup>(1)</sup>	solo com contato lítico entre 50 e 100 cm da superfície do solo, com contato saprolítico acima deste.
	Saprosubléptico	solo com contato lítico entre 100 e 200 cm da superfície do solo, com contato hipersaprolítico dentro de 100 cm da superfície.
	Fragsubléptico	solo com contato lítico entre 100 e 200 cm da superfície do solo, com contato saprolítico fragmentário acima deste.
	Subléptico	solo com contato lítico entre 100 e 200 cm da superfície do solo, com contato saprolítico acima deste.

<sup>(1)</sup> Classe já existente no SiBCS (Embrapa, 2006), mas modificada nesta proposta.

A inclusão de materiais saprolíticos como parte integrante do solo é defendida por Lietzke & Weber (1981), os quais sugeriram a alteração do conceito de solo no “Soil Taxonomy”, visando à inclusão do saprolito como parte do solo. Em solos profundos, essas camadas podem não apresentar interesse para os profissionais das áreas agrárias, mas são importantes para outras áreas profissionais. Em solos rasos, como os Neossolos Litólicos e Neossolos “Saprolíticos”, essas camadas são fundamentais para a interpretação do potencial de uso destes (Oliveira, 2001).

De acordo com Kellogg (1963), é natural que o conceito de solo seja modificado com o aumento do conhecimento, com o desenvolvimento de idéias e com o surgimento de novos problemas a serem resolvidos, visando à manutenção do solo e de todo o sistema, seja ele natural ou modificado pelo homem. Além disso, a inclusão do saprolito como parte do solo estimularia uma avaliação de campo mais refinada para os Neossolos “Saprolíticos”.

Os dados obtidos para os Neossolos Litólicos e Neossolos “Saprolíticos” derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul sugerem que esforços sejam dirigidos nesse sentido e que o saprolito, com toda a sua variação de dureza e limitações oferecidas à circulação de água e raízes, seja considerado, pelo menos, na classificação dos Neossolos “Saprolíticos”.

## CONCLUSÕES

1. As classes de intemperismo propostas neste trabalho, associadas ao teste de resistência à escavação da pá reta e à análise das fraturas, permitiram a

organização das informações e identificação dos contatos existentes nos perfis.

2. A inclusão de informações das camadas saprolíticas (Cr ou CrR) na classificação dos Neossolos “Saprolíticos”, derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul, permitiu a proposição de atributos diagnósticos referentes aos contatos entre solo e saprolito e a diferenciação dos solos com base na dureza, no fraturamento dos materiais e na sua posição no perfil, qualificando informações de interesse agrícola e não-agrícola.

3. Os perfis de Neossolos “Saprolíticos” estudados apresentaram características morfológicas importantes que não foram evidenciadas pela edição em vigor do sistema brasileiro de classificação de solos. Nesse caso, os atributos diagnósticos (contato saprolítico, contato saprolítico fragmentário e contato hipersaprolítico) e as classes sugeridas neste trabalho (Neossolo Saprolítico Saproléptico, Neossolo Saprolítico Fragléptico, Neossolo Saprolítico Léptico, Neossolo Saprolítico Saprosubléptico, Neossolo Saprolítico Fragsubléptico e Neossolo Saprolítico Subléptico) foram eficientes na diferenciação dos diferentes Neossolos estudados.

## AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à CAPES e ao CNPq, pelo financiamento parcial deste trabalho; ao Dr. João Bertoldo de Oliveira, pelo fornecimento de cópias das correspondências sobre saprolitos trocadas com o Dr. Stanley Walter Buol; e aos revisores da RBCS, que contribuíram para a melhoria da redação final deste trabalho.

## LITERATURA CITADA

- AZEVEDO, A.C. & VIDAL-TORRADO, P. Uso do vocábulo saprolito nos congressos e Revista da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 31:1, 2006.
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. Levantamento de reconhecimento dos solos do Rio Grande do Sul. Recife, DNPEA-MA, 1973. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- BUOL, S.W. Saprolite taxonomy network. Raleigh, 1990. 11p. (Circular Letter, 4)
- BURIOL, G.A.; ESTEFANEL, V.; FERREIRA, M.; SACCOL, A.V.; SCHNEIDER, F.V. & HELDWEIN, A.B. Cartas mensais e anuais das temperaturas médias, das médias das temperaturas máximas e das médias das temperaturas mínimas do Estado do Rio Grande do Sul. R. Centro Ci. Rurais, 9:Suplemento, 1979.
- BUTT, C.R.M.; LINTERN, M.J. & ANAND, R.R. Evolution of regoliths and landscapes in deeply weathered terrain - implications for geochemical exploration. Ore Geol. Rev., 16:167-183, 2000.
- CLAYTON, J.L.; MEGAHAN, W.F. & HAMPTON, D. Soil and bedrock properties: Weathering and alteration products and processes in the Idaho Batholith. Odgen, USDA, 1979. (Forest Service Research Paper Int., 237)
- CLINE, M.G. Basic principles of soil classification. Soil Sci., 67:81-91, 1949.
- EGGLETON, R.A., ed. The regolith glossary: Surficial geology, soils and landscapes. Canberra, CRC LEME, 2001. 152p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. Definição e notação de horizontes e camadas do solo. 2.ed. Rio de Janeiro, 1988. 54p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. Brasília, 1999. 412p.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Sistema brasileiro de classificação de solos. 2.ed. Rio de Janeiro, 2006. 306p.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Levantamento de recursos naturais do projeto RadamBrasil: folha SH. 22-Porto Alegre, SH.21-Uruguaiana e SI. 21-Lagoa Mirim. Rio de Janeiro, IBGE, 1986. 796p.
- INSTITUTO DE PESQUISAS AGROPECUÁRIAS - IPAGRO. Seção de ecologia agrícola. Atlas agroclimático do Estado do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 1989. v.1. 102p.
- INTERNATIONAL SOCIETY OF ROCK MECHANICS - ISRM. Methods for the quantitative description of rock masses and discontinuities. Int. J. Rock Mech. Miner. Sci. Geomechem. Abstr., 15:319-368, 1978.
- KELLOGG, C.E. Why a new system of soil classification? Soil Sci., 69:1-5, 1963.
- LIETZKE, D.A. & WEBER, R.S. The importance of Cr horizons in soil classification and interpretations. Soil Sci. Soc. Am. J., 45:593-599, 1981.
- MACHADO, S.R.V. Caracterização química, física e mineralógica de saprolitos do Estado de São Paulo e suas implicações na taxonomia e uso agrícola. Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 1997. 105p. (Tese de Mestrado)
- MARQUES, F.A.; RIBEIRO, M.R.; BITTAR, S.M.B.; TAVARES FILHO, A.N. & LIMA, J.F.W.F. Caracterização e classificação de Neossolos da ilha de Fernando de Noronha (PE). R. Bras. Ci. Solo, 31:1553-1562, 2007.
- OLIVEIRA, J.B. Pedologia aplicada. Jaboticabal, FUNEP, 2001. 414p.
- PEDRON, F.A. Mineralogia, morfologia e classificação de saprolitos e Neossolos derivados de rochas vulcânicas no Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2007. 160p. (Tese de Doutorado)
- SANTOS, R.D.; LEMOS, R.C.; DOS SANTOS, H.G.; KER, J.C. & DOS ANJOS, L.H.C. Manual de descrição e coleta de solo no campo. 5.ed. Viçosa, MG, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005. 100p.
- SCHAFFER, W.M.; NIELSEN, G.A. & NETTLETON, W.D. Morphology of a paralythic contact in a soil over soft sandstone. Soil Sci. Soc. Am. J., 43:383-386, 1979.
- SOIL SURVEY STAFF. Soil survey manual. Washington, U.S. Government Printing Office, 1993. (Department of Agriculture Handbook, 18)
- STOLT, M.H. & BAKER, J.C. Strategies for studying saprolite and saprolite genesis. In: CREMEENS, D.L.; BROWN, R.B. & HUDDLESTON, J.H., eds. Whole regolith pedology. Madison, Soil Science Society of America, 1994. p.1-20. (Special Publication, 34)
- STÜRMER, S.L.C. Infiltração de água em Neossolos Regolíticos do Rebordo do Planalto do Rio Grande do Sul. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2008. 105p. (Tese de Mestrado)
- TANDARICH, J.P.; DARMODY, R.G.; FOLLMER, L.R. & JOHNSON, D.L. Historical development of soil and weathering profile concepts from Europe to the United States of America. Soil Sci. Soc. Am. J., 66:335-346, 2002.