

# FUNDAMENTOS PARA DESENVOLVIMENTO DA PEDOLOGIA E DA FERTILIDADE DO SOLO

João Carlos Ker<sup>1</sup>

Roberto Ferreira de Novais<sup>2</sup>

## INTRODUÇÃO

Há muitas formas de se ver e, ou de se avaliar os solos. As colocações e respostas àquilo que vemos e avaliamos depende da nossa área de atuação, capacidade perceptiva, interesse, etc, e podem ser tão diversas quanto nossas personalidades, preferências e experiências. O entendimento do solo na natureza, sua classificação e sua distribuição espacial, são decisivos na transferência dos conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de pesquisa, do uso e da ocupação das terras. No mínimo privilegia a relação acerto/erro.

Poucos setores da economia brasileira têm desenvolvido tanto como a agricultura. A cada ano, novos recordes de safras são anunciados. A produtividade de algumas culturas vem aumentando substancialmente mesmo em áreas anteriormente tidas como marginais à exploração agrícola. Isto indica que o conhecimento mais pormenorizado a respeito dos recursos de solos no país deve ser cada vez mais intensificado para atender a programas de adubação, correção, manejo e conservação, poluição ambiental, qualidade do solo, agricultura de precisão, dentre outros.

A pedologia, aqui contemplando levantamento e classificação de solos, tem se preocupado com este fato. Entretanto, em razão dos conceitos pedológicos empregados na distinção e subdivisão de classes de solos fundamentarem-se na quantificação de atributos permanentes dos solos, muito dos quais são avaliados nos horizontes subsuperficiais, não são raros os questionamentos a respeito do significado e aplicação de vários destes atributos, tanto em termos agronômicos como ecológicos. Artigo como “Is pedology dead and buried ?” (Basher, 1997) confirma isto e aponta para a necessidade urgente de se refletir sobre a atividade profissional do pedólogo.

Nem sempre é fácil estabelecer um critério de diferenciação de classes de solos. Às vezes, é grande a variação horizontal e em profundidade das características

---

<sup>1</sup> Professor Adjunto – DPS/UFV – Viçosa-MG.

<sup>2</sup> Professor Titular – DPS/UFV – Viçosa-MG

escolhidas para este fim, mesmo a curtas distâncias. Nenhum tipo de categoria ou de base de agrupamentos e de subdivisão de classes fornece informações suficientes para aplicações de objetivos múltiplos. Mesmo assim, os conhecimentos pedológicos sintetizados nos conceitos das classes de solos e das fases das unidades de mapeamento podem ser importantes para o êxito das atividades agrosilvopastoris e projetos ambientais. Entretanto, as mudanças temporais resultantes da atividade agrícola são realmente pouco contempladas nos sistemas de classificação de solos em geral.

Para melhor aproveitamento das informações contidas nos levantamentos pedológicos, é cada vez mais importante a interação entre os técnicos dos diferentes segmentos das ciências do solo e ambiental. Mesmo generalizados, os levantamentos pedológicos, em sua maioria, constituem, ainda a melhor ferramenta para o planejamento agrícola e estratificação ambiental. Aprimorá-los, alterando conceitos pedológicos e adequando detalhamentos compatíveis com a necessidade de informação que agricultura mais tecnificada exige seria uma decisão útil à agricultura e a vários projetos ambientais e, certamente, ao futuro da pedologia no país.

Constituiu objetivo deste trabalho proceder a uma avaliação crítica dos fundamentos que permitiram estabelecer alguns atributos diagnósticos no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), com ênfase àqueles direta ou indiretamente relacionados à fertilidade. Muitas colocações feitas aqui são indagativas e têm por propósito destacar que tão importante quanto as respostas, as perguntas são essenciais para reflexão, na busca de idéias e de argumentos que auxiliem decifrar vários problemas de solução nem sempre simples, do ponto de vista agronômico-ambiental.

## **OBJETIVOS BÁSICOS DA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS**

A necessidade de ordem é uma característica inata do homem. É, de certa forma, um esforço para simplificar o mundo. Mesmo antes do homem, a capacidade de classificar (selecionar, estratificar, adaptar-se a diferentes ambientes) foi um importante fator na evolução biológica das espécies e, portanto, na preservação da própria vida (Cline, 1949; Sokal, 1974; Resende & Oliveira, s.d.).

Pela sua natureza contínua, definir a “entidade” ou o “indivíduo” solo não é tarefa simples. No SiBCS, como em outros sistemas, o perfil do solo tem sido adotado como a entidade de classificação (EMBRAPA, 1999). Vários atributos podem ser empregados na descrição de um perfil. Nem todos eles, entretanto, são empregados na classificação de um solo. Atributos descritos no campo em conjunto com outros

determinados no laboratório (EMBRAPA, 1999) são imprescindíveis na estruturação de um sistema de classificação. Isto, tanto pela necessidade de se conhecer o solo como também para se estabelecer atributos taxonômicos indispensáveis ao agrupamento de classes afins.

Praticamente todos os conceitos pedológicos empregados nas classificações taxonômicas baseiam-se em atributos permanentes e que, na maioria das vezes, ocorrem nos horizontes subsuperficiais (Basher, 1997; Sanchez et al., 2003). Aqueles que experimentam mudanças com o tempo não são contemplados na taxonomia dos solos. Por exemplo, o atributo coeso é reconhecido para Latossolos e Argissolos Amarelos do Barreiras, mas não o é para outros Latossolos compactados pelo uso agrícola intensivo. A distrofia, alicidade e eutrofia superficiais são atributos facilmente alterados com o uso agrícola, correção e adubação.

Uma das graves conseqüências disto é que as classificações técnicas utilizadas no Brasil para avaliar a aptidão agrícola das terras (Lepsch et al., 1983; Carter, 1993; Ramalho Filho & Beek, 1995) foram elaboradas baseando-se nestes atributos permanentes. Terras até bem pouco tempo atrás tidas como marginais à exploração agrícola, particularmente nas áreas de Cerrado, hoje, com tecnologia avançada, são tão ou mais produtivas que aquelas de áreas tradicionalmente exploradas no Sul e Sudeste do país (Novais & Smyth, 1999). Neossolos Quartzarênicos em Barreiras-BA e em alguns municípios do Mato Grosso ilustram bem o fato.

A estruturação do SiBCS encontra-se fundamentada na ocorrência e organização de horizontes diagnósticos super e subsuperficiais, conjugados com atributos diagnósticos previamente definidos. Os primeiros, de certa forma, expressam a gênese e a morfologia. Alguns dos segundos (CTC, eutrofia, distrofia, alicidade, sodicidade, salinidade, cor, mudança textural, coesão, mineralogia, etc) complementam as informações dos primeiros e têm relação direta ou indireta com a fertilidade, embora na maioria das vezes sejam mais relevantes para outros fins; ou seja, extrapolam as informações de aplicação apenas em fertilidade do solo.

Objetivando padronizar a linguagem em classificação de solos, vários dos atributos diagnósticos utilizados no SiBCS foram implementados diretamente de outros sistemas, particularmente o da Soil Taxonomy e o da FAO, ou adaptados destes e de outros para atender às características de solos brasileiros (tropicais). Aqueles que apresentam relação mais direta com a fertilidade serão comentados a seguir.

## Cor dos solos

A cor dos solos é um dos atributos de mais simples determinação no campo e pode refletir vários fatores ambientais. Por isso, é amplamente utilizada na separação, identificação e classificação de solos. Sozinha ou acompanhada de outros atributos, a cor permite inferências importantes a respeito da história biogeoquímica dos solos, com relações importantes quanto à fertilidade natural (Quadro 1).

Quadro 1. Relações entre a cor e características morfológicas e ambientais atinentes à fertilidade dos solos.

Cor	Interpretação
Branca ou esbranquiçada	Predomínio de quartzo; às vezes, acúmulo de sais e precipitação de carbonatos.
Cinza clara com lençol freático elevado	Redução de ferro e de manganês com possibilidade de toxidez; pobreza em elementos traços e matéria orgânica; baixa aeração.
Cinza escura com lençol freático elevado	Idem ao anterior com maior conteúdo de matéria orgânica.
Escura (preta, preta-amarronzada) com lençol freático muito elevado e com muitos restos vegetais em diferentes estádios de decomposição	Grande conteúdo de matéria orgânica (Organossolo); se com mosqueados amarelos, no litoral indica presença de pirita ( $\text{FeS}_2$ ), portanto muito enxofre; redução drástica de pH quando drenados; toxidez de $\text{Al}^{3+}$ e $\text{H}^+$ .
Escura (preta, cinza-escuro) até profundidades consideráveis nos solos, em regiões úmidas.	Altos teores de matéria orgânica e alumínio trocável.
Amarelada, com baixos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Presença (domínio) de goethita; menor adsorção de P (tanto menor quanto menor o conteúdo de gibbsita). Pobreza em elementos traços.
Amarelada, com altos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Presença (domínio) de goethita; elevada adsorção de P (tanto maior quanto maior o conteúdo de gibbsita).
Vermelha com baixos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Presença (domínio) de hematita; pobreza em elementos traços e P total. Boa drenagem (translocação de água e nutrientes).
Vermelha, com altos teores de $\text{Fe}_2\text{O}_3$	Presença de hematita, magnetita e maghemita; riqueza em elementos traços (exceção dos Latossolos perféricos de Itabirito) e P total; boa drenagem.
Escura/preta em área com déficit hídrico pronunciado; rochas calcárias ou material de origem rico em cálcio e magnésio.	Altos teores de matéria orgânica e de $\text{Ca}^{2+}$ e $\text{Mg}^{2+}$ ; pH às vezes elevado com problemas de disponibilidades de micronutrientes.

Fonte: adaptado e expandido de Resende et al. (1988)

## Minerais primários alteráveis

A avaliação da proporção de minerais primários de mais fácil alteração, na fração areia, pode dar idéia do estágio de evolução do solo como reflexo das intensidades das taxas de intemperização e de lixiviação que experimentaram durante sua gênese. Além disso, permite inferências importantes a respeito da reserva de alguns macro e micronutrientes nos solos e mesmo risco de salinização e sodicidade (Quadro 2).

É comum a maior reserva de cálcio, magnésio, potássio e sódio em solos desenvolvidos de rochas cristalinas ricas em feldspatos, micas e outros minerais, em ambientes mais secos (BRASIL, 1970; 1971; 1972; 1973; EMBRAPA, 1976; 1977/79; Resende, 1983; EMBRAPA, 1986; Souza, 1986 ;Oliveira, 1988; Antonello, 1989; EMBRAPA, 1998; Corrêa 2000) e, também, solos distróficos e alumínicos, em áreas úmidas, mesmo sendo a rocha quimicamente rica.

Nestes ambientes mais úmidos com solos de baixa fertilidade natural, é comum a ocorrência de solos pouco desenvolvidos, com quantidades consideráveis de minerais primários e, por paradoxal que pareça, com expressivas quantidades de gibbsita para aqueles solos desenvolvidas em rochas ricas em feldspatos e feldspatóides no Sudeste do Brasil (Gomes, 1976; Antonello, 1982; EMBRAPA, 1983; Silva, 1984), ou ainda de vermiculita com hidróxi entre camadas, em solos desenvolvidos de basalto ou riódacitos em áreas de altitude no Sul do país (Pötter e Kämpf, 1981; Palmieri, 1986; Ker & Resende, 1990; Bognola, 1995; EMBRAPA, 2000).

Mesmo em solos em que a mineralogia da fração grosseira não indique reserva de nutrientes de imediato, esta pode ocorrer de forma marcante. É o caso de elementos traços, como cobalto, cobre, zinco, níquel e cromo, alguns destes micronutrientes, associados com minerais ricos em ferro e titânio, com destaque para a magnetita e ilmenita intercrescida de magnetita, respectivamente (Nalovic & Segalen, 1973; Rüegg, 1976; Curi, 1983; Resende, 1983; Ferreira et al., 1994; Resende et al., 1988; Ker et al., 1993; Ker, 1995) (Quadro 3). É de se especular, se a presença destes minerais, de ocorrência comuns em rochas máficas como o basalto, diabásio e tufito, sua maior riqueza em alguns micronutrientes,  $Ca^{2+}$  e  $P_{total}$  conjugados com outros atributos do meio físico, não seriam um dos fatores responsáveis pelo sucesso da exploração agrícola de solos como os Latossolos Vermelhos férricos e perférricos (Latosolos Roxos) e de Nitossolos Vermelhos (Terras Roxas Estruturadas) de muitas áreas do país?

QUADRO 2. Reserva de nutrientes inferida pela mineralogia da fração areia de horizontes subsuperficiais de classes de solos de diferentes regiões do país

Solo	Local	Mat. origem	Uso/Cobertura Vegetal	Mineralogia da fração areia										
				Qz	Fd	Bt	Mu	Mn	Mn-II	Af	CF	CA	CM	Cd
				----- % -----										
Cambissolo Háplico Tb (állico) <sup>(1)</sup>	Resende - RJ	Nefelina sienito	Flor. perenifólia	30	37	10	-	-	10	13	-	-	-	-
Cambissolo Húmico Tb (állico) <sup>(2)</sup>	Itaipava - RJ	Colúvios de gnaisses e migmatito	Flor. perenifólia	63	-	35	-	tr	tr	tr	2	-	-	-
Cambissolo Háplico Tb (állico) <sup>(3)</sup>	D. Martins - ES	Biotita gnaisse	Flor. perenifólia (pastagem)	82	1	15	-	-	-	tr	-	2	-	-
Luvissolo abruptico <sup>(4)</sup>	Itaperuna - RJ	Charnoquito/Enderbito	Flor. subcaducifólia	50	3	40	-	-	-	5	2	-	-	-
Cambissolo Háplico latossólico (distrófico e epietrófico) <sup>(5)</sup>	Jequitinhonha - MG	Sedimentos fluviais sobre e gnaisse	Caatinga (pastagem de colônia)	62	2	35	-	-	-	-	-	-	-	-
Cambissolo Húmico Tb alumínico <sup>(6)</sup>	Lages - SC	Riodacitos	Campo subtropical	12	tr	tr	tr	10	3	-	30	-	20	20
Neossolo Regolítico eutrófico c/fragipã <sup>(7)</sup>	Pesqueira - PE	Biotita - granito	Caatinga (tomate indústria, milho e feijão)	65	35	-	-	-	tr	-	-	-	-	-
Neossolo Regolítico dsitrófico c/ fragipã <sup>(8)</sup>	Garanhuns - PE	Granito/gnaisse	Caatinga (mandioca, milho e feijão)	95	5	-	tr	-	tr	-	-	-	-	-
Argissolo Vermelho Tb eutrófico câmbico <sup>(9)</sup>	S. J. Rio do Peixe - PB	Granito/gnaisse porfírico	Caatinga (milho, feijão e algodão)	67	25	2	5	-	-	-	-	-	-	-

Qz – quartzo; Fd – feldspatos em geral; Bt – biotita; Mu – muscovita; Mn – magnetita; II – ilmenita; Af – anfibólio; CF – concreções ferruginosas; CA – concreções argilosas; Cd – calcedônia/sílica; CM – concreções de manganês.

Fonte: (1) Antonello, 1982; (2) EMBRAPA, 1980a; (3) EMBRAPA, 1978; (4) EMBRAPA, 1979; (5) BRASIL, 1970; (6) EMBRAPA, 2000; (7) e (8) BRASIL, 1972b; (9) EMBRAPA, 1998.

Quadro 3. Teores de ferro e titânio do ataque sulfúrico e de elementos traços pelo ataque total de alguns Latossolos Vermelhos perférricos e férricos do Brasil (TFSA).

Solos	Localização	Mat. Origem	At. Sulfúrico		Ataque Total				
			Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	Cu	Co	Zn	Mn	Ni
			---- g/kg ----		----- mg/kg -----				
LV Perférrico <sup>(1)</sup>	Patos de Minas-MG	Tufito	459	128,7	210	190	165	3995	330
LV Perférrico <sup>(1)</sup>	Patos de Minas-MG	Tufito	364	80,1	95	50	60	1055	120
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Ipiaçu-MG	Basalto	323	74,8	210	55	115	1070	80
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Capinópolis-MG	Basalto	317	70,5	130	50	70	950	70
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Silvânia-GO	Granulito	233	10,6	70	25	30	400	60
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Silvânia-GO	Granulito	242	13,1	75	25	30	340	50
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Cons. Lafaiete-MG	Mat. Detrítico	259	24,3	80	41	38	274	106
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Porteirão - GO	Basalto	230	52,3	73	13	37	272	31
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Porteirão - GO	Basalto	333	58,9	78	20	65	510	32
LV Perférrico <sup>(1)</sup>	Paraúna - GO	Basalto	470	71,4	201	25	109	553	70
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Jataí - GO	Basalto	297	45,6	239	28	143	708	51
LV Férrico <sup>(1)</sup>	Pres. Olegário - MG	Mat. Ret./Tufito	202	31,2	36	13	27	473	33
LV Férrico <sup>(2)</sup>	Cravinhos-SP	Basalto	355	57	174	95	102	791	69
LV Férrico <sup>(2)</sup>	Rib. Preto-SP	Basalto	306	68	178	nd	122	1100	56
LV Férrico <sup>(2)</sup>	Aripuanã-MT	Mat. Ret./Anfibolito	235	18	52	nd	82	170	38
LV Férrico <sup>(2)</sup>	Dourados-MS	Basalto	288	49	365	91	120	929	66

Mat.- material; Ret.- retrabalhado

Fonte: (1) Amaury Carvalho Filho – dados não publicados; (2) Ker, 1995.

Tudo indica que solos desta natureza (Latosolos Vermelhos férricos e perférricos desenvolvidos de rochas máficas) funcionariam como “fonte” natural de vários nutrientes, sendo maior sua potencialidade agrícola em relação a muitos outros Latossolos do país de textura e mineralogia comparáveis, porém mais pobres quimicamente. Por outro lado, em razão das respostas de muitos daqueles solos às adubações fosfatadas e àquelas com micronutrientes, há um certo tamponamento destes solos quanto à capacidade de fornecer alguns destes elementos às plantas e teriam o comportamento similar, em termos de produtividade, que aqueles Latossolos mais pobres, quando corrigidos e adubados (Quadro 4).

Diante destas informações e indagações, parece procedente questionar: não seria conveniente incluir a determinação de alguns elementos traços no extrato do Mehlich -1 ou Mehlich 3, para fins subsidiários da avaliação da potencialidade agrícola das terras? Seria conveniente incluir outras análises (ataque total, por exemplo) àquelas já normalmente utilizadas na caracterização de perfis? Poderiam ser úteis estas análises na estruturação dos níveis categóricos mais baixos do Sistema Brasileiro de Classificação? Qual papel dos óxidos de titânio na fertilidade dos solos brasileiros, tanto no que se refere à possível relação com elementos traços (Ker et al., 1993) como também em relação a adsorção aniônica ? (Yu, 1997). Teores de TiO<sub>2</sub>

obtidos pelo ataque sulfúrico da ordem de 12 dag/kg têm sido constatados em solos brasileiros desenvolvidos de tufito em Minas Gerais. Valores da ordem de 6 dag/kg de  $TiO_2$  são muito comuns em solos basálticos, conforme indicam vários trabalhos de levantamento de solos no país (BRASIL, 1971; BRASIL, 1973; EMBRAPA, 1975; EMBRAPA, 1982; EMBRAPA, 1984).

Quadro 4. Comparação entre os fertilizantes líquido e granulado para o cultivo da soja na Fazenda Itamarati (MS) no ano agrícola 1986/87. Média de 4 locais\*.

Dose de $P_2O_5$	Fertilizante	
	Líquido	Granulado
Kg/ha	----- kg grão/ha -----	
0	1240	1240
30	1298	1348
60	1419	1346
90	1522	1449
120	1465	1520
150	1534	1628
Média	1442	1458

Fonte: Roberto Ferreira de Novais (não publicado)

A dose de K foi mantida constante para todos os tratamentos.

### Atividade da fração argila e mineralogia

As argilas e óxidos são os principais colóides minerais dos solos. Por apresentarem uma grande relação superfície/massa tendem a ficar em suspensão na solução do solo, onde desenvolvem cargas elétricas de superfície responsáveis por várias reações físico químicas, com destaque para a troca iônica (CTC ou CTA). Estas cargas são permanentes e, em geral, negativas, quando resultam de substituições isomórficas; ou dependentes de pH, resultantes da protonação ou desprotonação da superfície do mineral, em razão da alteração do pH do meio, onde se desenvolvem cargas positivas e negativas, respectivamente (Gilman & Uehara, 1981; Fontes et al., 2002).

A determinação da CTC é influenciada pelo método escolhido. Os métodos usuais podem ser operacionalmente assim distinguidos: o que emprega um cátion índice para saturar o solo (acetato de amônio a pH 7,0 - Soil Taxonomy, EUA, 1999) e aquele que emprega a soma de bases mais a acidez potencial ( $H + Al$ ) extraída com

acetato de cálcio também a pH 7,0 (SiBCS, EMBRAPA, 1999). A caracterização da CTC de solos brasileiros por estes dois métodos tem revelado resultados diferentes e, invariavelmente, menores pelo método empregado no SiBCS (Duriez et al., 1982; Iturri Larach & Paolinelli, 1982). Além disso, é bastante conhecido o fato de que a determinação da CTC a pH 7,0 superestima o resultado em relação à CTC da condição de campo ( Gilman & Uehara, 1981; Duriez et al., 1982; Mormann, 1985), o que compromete a interpretação mais segura dos caracteres eutrófico e distrófico, como será comentado.

Em classificação, é comum corrigir os valores de CTC determinada a pH 7,0 pelo teor de argila obtendo-se a CTC correspondente à fração argila ( $CTCr = CTC \text{ pH } 7,0 \times 100/\% \text{ argila}$ ). A CTCr tem sido um critério de distinção de algumas classes de solos no SiBCS já no primeiro nível categórico. A grosso modo, ela dá uma idéia da mineralogia da fração argila. Assim, em um solo com argila de atividade alta (Ta) ( $CTCr > 27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  de argila) espera-se maior participação de argilominerais 2:1 mais expansivos, portanto com predomínio de carga líquida negativa (maior afinidade por cátions, ou maior CTC). Neste caso, o solo funcionaria como fonte de nutrientes não especificamente adsorvidos no complexo de troca como cálcio, magnésio e potássio (Novais & Smyth, 1999).

Em um solo com argila de atividade baixa (Tb), ou seja, em que a CTCr é menor que  $27 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  de argila, predominam minerais silicatados 1:1 e óxidos de ferro e de alumínio, principalmente. Neste caso pode haver também carga negativa, mas à medida que o solo torna-se mais intemperizado (mais oxidado), começa a predominar carga líquida positiva (afinidade por ânions ou maior CTA e adsorção específica). Os Latossolos, por definição, devem apresentar no horizonte Bw, CTCr menor que  $17 \text{ cmol}_c/\text{kg}$  de argila, critério adaptado da Soli Taxonomy, baseado no valor próximo do máximo da CTC da caulinita (van Wambeke, 1992)

A interpretação da mineralogia da fração argila é de fundamental importância na previsão de seu comportamento agrícola. Os argilominerais de estrutura 2:1 têm alta CTC, inclusive com capacidade para fixar potássio e mesmo o amônio. Quando o mineral 2:1 é a vermiculita com hidróxi entrecamadas (comum em Latossolos Brunos no Sul do país), a CTC é baixa (BRASIL, 1973; EMBRAPA, 1984; Palmieri, 1986; Ker & Resende, 1990; Bognola, 1995) e o alumínio das entrecamadas, além de não se encontrar na forma trocável, parece ter participação efetiva na adsorção de fosfato (Barnhisel, 1989).

Os óxidos de ferro e de alumínio apresentam baixa CTC, porém alta capacidade de adsorver ânions como o fosfato e o sulfato. No que se refere à adsorção de P, destacam-se a goethita e a hematita pela sua grande superfície

específica e disponibilidade de sítios para a adsorção de fósforo (Parfitt, 1978; McLaughlin et al., 1981; Bahia Filho et al., 1983; Curi, 1983; Schwertmann, 1988; Resende et al., 1988; Ker, 1995). A gibbsita, apesar da menor capacidade de adsorver P que os óxidos de ferro pela sua menor área específica (Resende et al., 1988) tem, também, um importante papel neste fenômeno (Fernandes Rojas, 1984; Ker, 1995), particularmente pela sua grande ocorrência em alguns Latossolos brasileiros. Além disso, é grande sua afinidade pelo fosfato e alguns trabalhos têm demonstrado a difícil dessorção de P em Latossolos muito gibbsíticos do Brasil Central (Fernandes Rojas, 1984; Ker, 1995). A caulinita também apresenta baixa CTC, mas também adsorve fósforo, ainda que em quantidades muito inferiores àquelas dos óxidos de ferro (McLaughlin et al., 1981; Resende et al., 1988).

Para ficar apenas no exemplo de solos Tb e argilosos, o fato de um solo ser mais caulínico ( $K_r > 0,75$ ) ou mais oxidico ( $K_r < 0,75$ ) pode fornecer informação valiosa sobre a capacidade do solo em adsorver e dessorver P, sobretudo os Latossolos. Nestes casos, adicionando-se as informações sobre cor e teores de óxidos de ferro obtidos pelo ataque sulfúrico na TFSA, a interpretação tende a ser mais segura. Em geral, solos mais oxidicos e goethíticos retêm mais fósforo (Bigam, 1977; Curi, 1983; Palmieri, 1986; Ker, 1995) e resistem mais à dessorção (Chagas, 1994; Fernandes Rojas, 1994; Ker, 1995) que aqueles mais oxidicos e hematíticos, ainda que com exceções (Resende, 1976; Gualberto et al., 1987; Fontes, 1988).

aniônica de alguns Latossolos do Brasil

### **Eutrofia, distrofia e alicidade**

Tratam-se de adjetivações adicionadas aos nomes de algumas classes de solos que têm por objetivo fornecer uma idéia sobre a maior ou a menor proporção de alguns íons como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$ ,  $Na^+$  e  $Al^{3+}$ , no complexo de troca dos solos.

Um solo é eutrófico quando íons como  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $K^+$  e  $Na^+$  ocupam mais de 50% da capacidade de troca a pH 7,0. Distrófico, quando menos de 50%, e álico quando mais de 50% da capacidade efetiva de troca de cátions (CTCe) encontra-se ocupada pelo alumínio (EMBRAPA, 1999). Embora estes termos sejam, na maioria das classes, definidos nos horizontes subsuperficiais, podem vir precedidos dos prefixos “epi” (superficial) e endo (subsuperficial), o que permite algumas inferências relacionadas à fertilidade (Quadro 5).

Quadro 5. Interpretação de combinações de eutrofia, distrofia e alicidade em uma mesma classe de solo em condições de umidade diferentes.

Combinação de caracteres eutrófico, distrófico e álico em uma mesma classe de solo	Déficit Hídrico	Interpretação
Epiálico – endoeutrófico Epidistrófico – endoeutrófico	Acentuado	Água disponível no horizonte B é essencial para uma produtividade razoável das culturas. Maiores teores de matéria orgânica no horizonte A reduzem a toxidez do alumínio. Correção da toxidez pelo $Al^{3+}$ mais fácil
Epieutrófico – endoálico Epieutrófico – endodistrófico	Acentuado	Espera-se queda de produtividade. A presença do $Al^{3+}$ e, ou os baixos teores $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ restringem a penetração do sistema radicular. Correção da toxidez pelo $Al^{3+}$ ou pelos baixos teores de $Ca^{2+}$ e $Mg^{2+}$ é difícil
Epiálico – endoeutrófico Epidistrófico – endoeutrófico	Nulo ou aixo	Raízes não penetram em profundidade no solo. Desfavorável para muitas culturas apesar do solo apresentar-se eutrófico subsuperficialmente.
Epieutrófico – endoálico Epieutrófico – endodistrófico	Nulo ou baixo	Concentração das raízes na camada superficial mais fértil. Queda de produtividade com eventuais veranicos

Fonte: Adaptado de Resende et al. (1988).

Enquadrar um solo como eutrófico ou distrófico nem sempre é uma tarefa simples. É uma decisão baseada em uma relação matemática (valor V) e tem suas limitações. Valores muito próximos de saturação por bases, por exemplo, de 49% e 51% separam solos distróficos de eutróficos respectivamente. Além disso, nem sempre valores de V maiores que 50% são acompanhados de valores de soma de bases (valor S) elevados. Não há um valor mínimo de soma de bases, conjugado com o valor V, exigido na definição de eutrofia, o que também não é uma decisão simples para atender todas as situações. Estabelecer seções de controle específicas para estes fins dificilmente contempla satisfatoriamente todos os casos (Quadro 6) e permite interpretações adequadas para as diferentes culturas no que se refere à fertilidade.

QUADRO 6. Variações da eutrofia, distrofia e alicidade com a profundidade em diferentes classes de solos do país.

Hor.	Prof.	Características Químicas						
		Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	S	T	V	m
	cm	cmolc kg <sup>-1</sup>					%	
Neossolo Flúvico (álico?) <sup>1</sup>								
A	0-15	1,8	0,4	0,5	2,4	4,5	53	17
2C1	-50	1,1	0,3	1,5	1,5	4,6	33	50
3C2	-100	0,9	0,2	2,8	1,3	1,3	22	68
4C3	-150	2,0	0,3	2,3	3,2	3,2	44	42
Latossolo Vermelho Férrico (álico?) <sup>2</sup>								
A	0-15	7,7	4,1	0,0	12,4	16,2	77	0
AB	-30	4,5	4,1	0,0	9,0	12,6	71	0
Bw1	-50	2,0	2,8	0,7	5,0	10,2	49	12
Bw2	-100		0,9	2,8	1,1	7,6	14	72
Bw3	-220		0,6	2,1	0,7	5,7	12	75
Latossolo Vermelho-Amarelo (eutrófico?) <sup>3</sup>								
A	0-16	0,1	1,3	0,5	1,6	6,8	23	24
AB	-34	0,1	0,9	0,0	1,1	3,9	28	0
Bw1	-62	0,1	1,1	0,0	1,1	2,4	46	0
Bw2	-94	0,1	1,1	0,0	1,2	1,8	67	0
Bw3	-127		0,8	0,0	0,8	0,9	89	0
Bw4	-175		0,9	0,0	0,9	1,0	90	0
Luvisolo Hipocrômico (alumínico?) <sup>4</sup>								
A	0-18	0,8	0,9	2,3	2,0	8,6	24	53
2Bt1	-51	0,6	3,7	9,0	5,7	19,5	29	61
2Bt2	-100	1,7	4,0	3,6	7,7	15,1	51	32
2C1	-119	3,1	4,3	2,2	10,3	16,4	63	17
2C2	-134	3,8	4,4	1,8	11,4	17,7	64	14
3C3	-150	1,2	2,2	0,4	4,1	6,0	68	10

Fonte: (1) BRASIL, 1976; (2) BRASIL, 1971; (3) CARVALHO FILHO et al., 1993; (4) SOUSA, 2003.

São bastante conhecidas as limitações da aplicação do conceito de eutrofia em conotação com a fertilidade do solo, no caso de solos afetados por sais (comentado posteriormente), Neossolos Quartzarênicos e de Latossolos altamente intemperizados com tendência ou já com saldo de cargas positivas (EMBRAPA, 1999). No primeiro caso, pela toxidez por excesso de sais; no segundo, pelos baixos valores de CTC, em que pequenos valores de soma de bases podem resultar em  $V > 50\%$  e indicar solos eutróficos de baixa fertilidade natural.

Em solos com o predomínio de cargas variáveis, como os Latossolos muito intemperizados, a CTC determinada a pH 7,0, como empregada no SiBCS, superestima a capacidade de troca de cátions em comparação àquela determinada na condição de pH do solo (Gilman & Uehara, 1981; Duriez et al, 1982; Moormann, 1985; van Wambeke, 1992). Isto compromete a interpretação e aplicação do conceito de eutrofia de forma mais confiável, uma vez que, conforme destaca van Wambecke

(1992), “o atributo eutrófico é apenas estimado grosseiramente”, e confirma a inconveniência em subdividi-lo no SiBCS.

O conceito de eutrofia também não permite inferências a respeito de disponibilidade de nutrientes essenciais como o nitrogênio, fósforo, enxofre e alguns micronutrientes. Assim, parece oportuno transcrever, para reflexões, as palavras de Fernandes (2002) manifestando sua preocupação entre a necessidade de maior integração entre profissionais na área de pedologia e fertilidade do solo na interpretação e adequação de alguns conceitos pedológicos: “o que significaria do ponto de vista de absorção de nutrientes, um solo eutrófico que não seria capaz de suprir nitrogênio para um pé de milho em crescimento por mais de 48 horas?”. A mesma pergunta poderia ser feita para o fósforo: o que significa um solo eutrófico com menos de  $1\text{mg}/\text{dm}^3$  de P no solo, pelo extrator Mehlich 1 ?

Por outro lado, caberia também indagar: como explicar produções aparentemente satisfatórias de milho, feijão e mandioca em algumas áreas, e por vários anos, sem a adição adubo? O conceito apesar de muito pedológico (taxonômico) foi, e ainda é, importante na separação de áreas de maior ou de menor potencialidade agrícola no país e no mundo, particularmente em se considerando áreas com agricultura pouco ou não tecnificada, em que a fonte de nutrientes vem do próprio solo ou de restos vegetais incorporados pela queima. Mesmo com suas limitações, o conceito segue a tendência de padronização de linguagem, em que a experiência acumulada em outros sistemas de classificação de maior circulação mundial (ISSS, 1998; EUA, 1999; ) indica a pertinência de sua utilização.

Alicidade, por sua vez, é outro conceito importante na indicação de solos mais, ou menos propensos à toxidez por  $\text{Al}^{3+}$ ; sua dificuldade de correção quando ocorre em horizontes subsuperficiais, etc. Conseqüentemente, é um bom indicador de áreas de maior ou de menor necessidade de calagem e na indicação de plantas mais, ou menos tolerantes ao  $\text{Al}^{3+}$ . O caráter álico ( $m \geq 50\%$ ) acompanhado de teores de  $\text{Al}^{3+} \geq 4\text{ cmol}_c/\text{kg}$  caracteriza o atributo alumínico, empregado na subdivisão de algumas classes de solos no SiBCS, em nível categórico mais baixo (EMBRAPA, 1999).

### **Atributo Ácrico**

O atributo ácido (modificado de *akros*, do grego significando próximo do fim ou estágio final, e correspondente ao caráter gérico da FAO) é empregado no SiBCS na subdivisão da classe dos Latossolos no terceiro nível categórico. Contempla os Latossolos que experimentaram intemperização e lixiviação mais intensas, em cuja fração argila predominam minerais silicatados de estrutura 1:1 (caulinita) e óxidos de

ferro (goethita e hematita) e de alumínio (gibbsita), principalmente. Em suma, contempla solos com predomínio de minerais de cargas variáveis na fração argila.

Para se enquadrar um Latossolo como ácido, ele deve apresentar em alguma parte do horizonte Bw quantidades de bases trocáveis (valor S) mais  $Al^{3+}$  iguais ou maiores que 1,5 cmol<sub>c</sub>/kg de argila, além de uma das seguintes condições: a) pH em KCl 1 mol/L  $\geq 5,0$ ; ou b)  $\Delta pH = pH\ KCl\ 1mol/L - pH\ H_2O \geq 0$  (EMBRAPA, 1999).

Nem todos Latossolos de carga variável são ácidos. Isto pode ser explicado pela análise da equação de Gouy-Chapman que descreve as características da dupla camada difusa de minerais de carga variável, conforme Uehara & Gilman (1981):

$$\sigma_v = (2C\xi RT/\pi)^{1/2} \text{sem } Z (1,15) (pH_0-pH) \quad (\text{eq. 1})$$

em que:

$\sigma_v$  = densidade de carga de superfície

C = concentração iônica da solução em equilíbrio

$\xi$  = constante dielétrica

R = constante universal dos gases

T = temperatura absoluta

Z = valência do “counter-ion”

pH<sub>0</sub> = ponto de carga zero

Pela equação 1, observa-se a importância do ponto de carga zero (pH<sub>0</sub> ou PCZ) na determinação do sinal da carga da superfície ( $\sigma_v$ ). Ou seja, quando o pH do sistema for menor que o pH<sub>0</sub>, a superfície apresenta carga líquida positiva (CTA > CTC). Ao contrário, quando  $pH \geq pH_0$ , o que é mais freqüente na natureza, a carga líquida é negativa (CTC > CTA).

O pH<sub>0</sub> dos óxidos de ferro e de alumínio são elevados (pH entre 6,5 – 8,0 e 7,5 – 9,5), respectivamente; os de silício e da matéria orgânica são baixos (normalmente menores que 3,0) (Gilman & Uehara, 1981; Yu, 1997). Isto explica o fato do caráter ácido se manifestar em profundidade e não na superfície.

Considerando a CTC efetiva ( $CTCe = \sigma_v \cdot S$ ), em que S é superfície específica, a equação 1 pode ser escrita da seguinte forma (Gilman & Uehara, 1981):

$$CTCe = S (2C\xi RT/\pi)^{1/2} \text{sen } Z (1,15) (pH_0-pH) \quad (\text{eq. 2})$$

ou seja, à medida que  $pH_0 - pH$  tende a zero, a CTCe diminui, o que explica seus baixos valores em solos ácidos.

Em resumo, além dos fatos assinalados, tem-se observado nos Latossolos ácidos mais oxidados do Brasil, mesmo quando argilosos e muito argilosos, a tendência de estrutura granular muito desenvolvida no horizonte Bw (Latosolos tipo “pó de café”). A drenagem é muito eficiente nestes solos (sem restrição ao fluxo de nutrientes). Por outro lado, a sorção de fósforo é elevada; o solo funciona como um dreno para P (Novais e Smyth, 1999) (Figura 1), e a dependência da adubação fosfatada é grande (tanto maior quanto maiores forem os teores de argila).

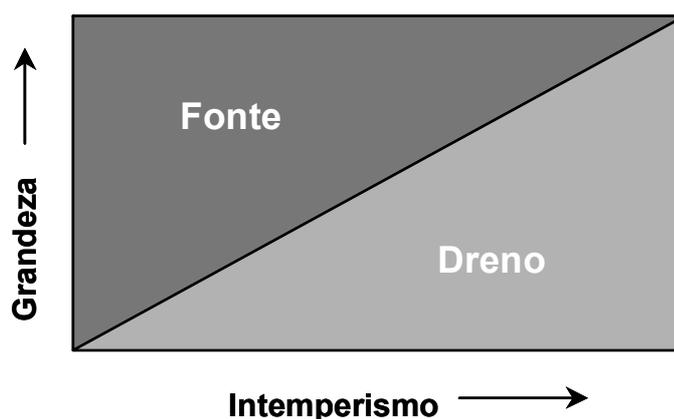


Figura 1- Relação fonte:dreno de fósforo em solos em diferentes estágios de intemperismo. Fonte: Novais & Smyth, 1999.

### **Atributo coeso**

Ainda que empregado na subdivisão de Latossolos e Argissolos Amarelos, este atributo carece de definição mais quantitativa e precisa, o que não é fácil de se estabelecer pela sua alteração constante com o teor de umidade. Refere-se a características peculiares de horizontes AB e, ou BA, e, ou parte do Bw ou do Bt destas classes, os quais quando secos são muito resistentes à penetração do martelo pedológico ou trado (consistência dura, muito dura e mesmo extremamente dura). Apresentam densidade do solo mais elevada que aquela dos horizontes subjacentes e uma organização estrutural não muito bem definida, com aparência maciça (EMBRAPA, 1999).

A constatação do atributo coeso é comum, porém não exclusiva, em Latossolos e Argissolos Amarelos caulíníficos, distróficos ou álicos, de ampla ocorrência em áreas dos tabuleiros costeiros. O adensamento verificado por solos desta natureza é

genético (às vezes intensificado pela exploração agrícola) (Achá Panoso, 1976; Anjos, 1985; Fonseca, 1986; Jacomine, 1997; Ribeiro, 1998; Moreau, 2001).

Sua relação com a fertilidade e, com o manejo em geral, encontra-se relacionada com as dificuldades de penetração do sistema radicular das plantas cultivadas e, conseqüentemente, com o fluxo de nutrientes em profundidade; com grande propensão à erosão (UFV, 1984; Jacomine, 1996; Ker, 1997). A dificuldade do fluxo vertical de água, às vezes, é de tamanha magnitude que se verifica uma região de redução logo acima da camada coesa, comprometendo a longevidade de algumas culturas, como a do citrus na Bahia e em Sergipe (Santana, 2003).

É interessante destacar que a atividade agrícola intensiva também pode levar à coesão acentuada, imposta pela compactação, sobretudo em áreas de Latossolos de diferentes constituições mineralógicas em todo o País. Em tais casos, o problema relativo ao desenvolvimento das plantas é tão crítico quanto nos solos coesos, porém não é um atributo contemplado no SiBCS, talvez por tratar-se de característica efêmera e de mais fácil correção que nos solos coesos de tabuleiro. De qualquer forma, para os Latossolos compactados pelo uso intensivo, tem-se observado uma menor resposta à adubação fosfata com o tempo, entre outros fatores, pela redução da difusão de fósforo na solução do solo, agravada nos períodos de veranico, comuns nos Cerrados (Figura 2) (Novais & Smyth, 1999).

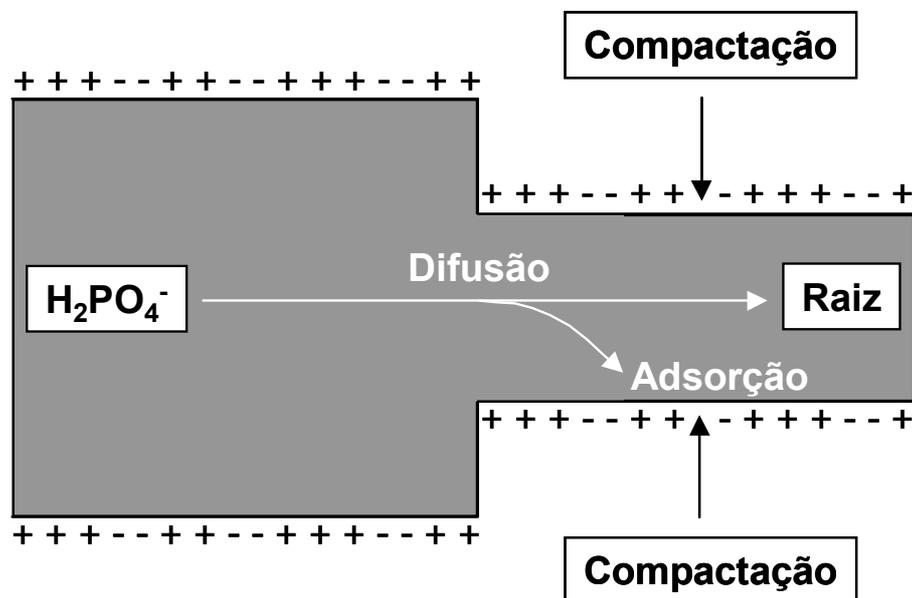


Figura 2. Efeito da compactação de uma amostra de um solo altamente intemperizado (com predomínio de cargas positivas) sobre o fluxo difusivo de fósforo no solo. Fonte: Novais & Smyth (1999).

## **2.7. Atributos salino, sálico, solódico e sódico**

São atributos empregados na diferenciação de algumas classes de solos do SiBCS (Neossolos Flúvicos, Vertissolos; Luvisolos; Cambissolos; Planossolos e Gleissolos) afetadas por sais. Normalmente, os íons mais comuns em solos dessa natureza são:  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{HCO}_3^-$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  (ASCE, 1996).

A importância da discriminação de solos desta natureza, em classificação de solos, relaciona-se com os efeitos deletérios do excesso de sais no crescimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (toxidez, efeito osmótico, desequilíbrio nutricional de micronutrientes e etc.), e ainda, do  $\text{Na}^+$  nas propriedades físicas dos solos (dispersão, selamento, encrostamento, redução da condutividade hidráulica, dentre outros). Em resumo, solos com estas características são de difícil manejo e apresentam recuperação onerosa visando sua exploração agrícola.

Os atributos sódico e solódico são empregados para distinguir solos cujos horizontes ou camadas apresentam  $\text{PST} \geq 15\%$  e  $6 < \text{PST} < 15\%$ , respectivamente, em alguma parte da seção de controle estabelecida para estas características nas classes. Esses conceitos são derivados de Richards (1954) e têm por base o efeito da dispersão do solo quando a PST é maior que 15%, ou maior que 6% em solos mais ricos em  $\text{Mg}^{2+}$  (Northcote & Skene, 1972).

Os atributos salino e sálico, por sua vez, são atributos utilizados na distinção de classes de solos em que a condutividade elétrica (CE) da pasta de saturação apresenta valores entre 4 e 7 dS/m, ou maiores que 7dS/m (25°C), respectivamente. O reconhecimento desses atributos fundamenta-se no fato de que valores de CE > 4 dS/m, são prejudiciais ao crescimento e desenvolvimento da maioria das plantas cultivadas e economicamente exploradas.

## **INFORMAÇÕES CONTIDAS NOS LEVANTAMENTOS PEDOLÓGICOS**

No Brasil, parece se ter a falsa idéia de que todos os solos do território nacional foram devidamente identificados, classificados e mapeados para os mais diversos fins. Apesar da existência de muitos levantamentos pedológicos detalhados, sobretudo nas áreas de implementação dos perímetros irrigados, a maior parte do conhecimento a respeito dos recursos de solos do país ainda baseia-se em levantamentos generalizados: exploratórios na escala 1:1.000.000 (RadamBrasil, atualmente IBGE) e de reconhecimento e exploratórios nas escalas 1:500.000 a 1.000.000 (Embrapa-Solos), principalmente.

Os levantamentos de solos produzidos no Brasil foram um marco para a Pedologia, uma vez que possibilitaram o desenvolvimento do Sistema Brasileiro de

Classificação de Solos, obtiveram informações, ainda que de caráter geral, a respeito dos recursos de solos de todo o país, tudo isso com uma equipe pequena e em menos de cinquenta anos. Estes levantamentos, entretanto, não tiveram por propósito mapear solos para fins exclusivos de interpretação e uso agrícola, tanto é que a classificação técnica para este fim foi desenvolvida na década de 60 (Bennema et al., 1964).

Mesmo assim, as avaliações de campo referentes aos solos e ao meio ambiente (às vezes mais intensas que aquelas previstas para estes tipos de levantamentos) e de laboratório permitiram informações úteis à identificação de áreas de maior ou de menor potencialidade agrícola, prioritárias para o desenvolvimento regional. Em razão do seu caráter generalizado, muitas das informações contidas nestes levantamentos devem ser avaliadas com cuidado quando se tem em mente a exploração agrícola mais intensiva.

A simplicidade ou a complexidade de informações contidas em algumas unidades de levantamento, às vezes impostas por vários motivos (complexidade da área, material cartográfico disponível; acesso à área etc), ilustram o fato. Além disso, muitos usuários só utilizam o mapa de solos e as informações contidas na legenda. Quase sempre, as informações mais importantes encontram-se no texto referente ao levantamento (dados analíticos, informações climáticas, altitude, etc).

Um Latossolo Vermelho-Escuro (LV) álico textura argilosa relevo plano fase cerrado tropical subcaducifólio, em uma área com cerca de 1.000 m de altitude pode ter potencialidade diferente, para soja, por exemplo, que aquela de um LV com características similares ao anterior, quanto as características de solo e de vegetação, porém ocorrendo em área com altitude de 500 m. Neossolos Quartzarênicos com 5% e 12%, de argila, por exemplo, podem ter comportamento bastante diferenciado, ou mesmo similar, a depender da precipitação e da proporção de areia fina. Um Neossolo Quartzarênico com 12% de argila pode ter comportamento similar um Latossolo com 17% de argila. Neste último caso, o critério taxonômico de textura, cerca de 15% de argila, é que separa uma classe da outra.

A agricultura no Brasil tende cada vez mais a avançar para as áreas de solos pobres quimicamente (distróficos e álicos). As constatações cada vez mais freqüentes de produtividades de soja similares entre áreas de Latossolos Vermelhos e Vermelhos Amarelos distróficos ou álicos, de textura média no Cerrado, comparáveis ou até superiores àquelas obtidas em Latossolos Vermelhos férricos e perférricos argilosos do próprio Cerrado ou do Sul e Sudeste do país (Novais & Smyth, 1999; Martins <sup>(3)</sup>), indicam que a agricultura brasileira passa pela fase do saber “qual produtividade pode-

---

<sup>3</sup> Informação pessoal do Dr. Orlando Carlos Martins (SNP Consultoria, Viçosa-MG).

se esperar deste solo com determinado nível de tecnologia (input) para a de quanto de tecnologia pode ser aplicada neste solo para alcançar tal produtividade”. Sendo verdadeira esta afirmativa, tudo indica que os solos com menor tamponamento tecnológico (Figura 3), serão cada vez mais utilizados e com muito sucesso para algumas culturas.



Figura 3. Resposta diferencial da planta à aplicação de fósforo em dois solos com texturas e fator capacidade de P distintos. Fonte: Novais & Smyth, 1999.

Por outro lado, sendo inquestionável a premissa de que a agricultura avança rumo a solos de pior fertilidade natural, onde as práticas agrícolas de correção de problemas são muito mais importantes que aquelas de convivência, é procedente perguntar: qual é o nível de tecnologia previsto para as áreas de assentamento agrícola? Como a pedologia e a fertilidade podem interagir para resolver problemas desta natureza: agricultura em solos pobres e sem a previsão de aplicação maciça de capital?

### CONSIDERAÇÕES FINAIS

A Pedologia, mais especificamente levantamento e classificação de solos, não obstante sua importância passada, presente e futura, passa por uma situação difícil em todo o mundo, e por várias razões:

► levantamentos detalhados e semi-detalhados de solos já concluídos em muitos países; custo elevado; recessão econômica;

- ▶ mudança na filosofia de pesquisa, privilegiando a aplicada em relação à básica;
- ▶ aplicação prática questionável em razão dos critérios taxonômicos estabelecidos no grupamento e na distinção de classes;
- ▶ falta de comunicação entre pedólogos, agricultores, técnicos de outras áreas da Ciência do Solo e ambiental;
- ▶ falta de interesse de planejadores na utilização das informações dos levantamentos de solos;
- ▶ insuficiência de dados físico-químicos e climáticos no levantamentos pedológicos que permitam uma aplicação mais prática e direcionada quanto à aplicação agrícola, dentre outro.

Tudo isto aponta para a necessidade urgente de real integração entre técnicos de pedologia, fertilidade e de outros seguimentos da Ciência do Solo, agricultores com os mais diferentes graus de experiência, etc. A definição da fertilidade de um solo, e das práticas de manejo em geral, exige um conhecimento de características bem mais amplo que aqueles pura e simplesmente baseados nas análises de rotina de camadas mais superficiais.

Como a agricultura do Brasil, tecnificada ou não, tende a se expandir cada vez mais em áreas de solos de baixa fertilidade natural, é oportuno manifestar algumas preocupações:

- ▶ como técnicos da pedologia e da fertilidade devem acompanhar e conviver com esta tendência?
- ▶ como estabelecer critérios taxonômicos que atendam os mais diversos fins agrícolas e ambientais?
- ▶ as chamadas classificações técnicas, da forma que foram elaboradas e que ainda continuam sendo usadas, ainda são úteis na classificação da aptidão agrícola das terras?
- ▶ não seria altamente pertinente buscar um “índice de tamponamento tecnológico” para que as classificações técnicas se adequem ao desenvolvimento agrícola de algumas áreas do país, onde solos até então tidos como marginais à exploração agrícola têm mostrado produtividade para algumas culturas acima da expectativa?
- ▶ se as informações disponíveis nos levantamento de solos são insuficientes ou pouco adequadas, e para uma agricultura de ponta são necessárias informações detalhadas sobre solo, clima, espécie, variedade, clone, e etc., em que informação de solo vai se basear a agricultura de precisão, por exemplo?
- ▶ como realizar adequações para os mapas pedológicos até então produzidos no país para atender esta nova tendência? Dever-se-ia produzir mapas mais direcionados?

► como executá-los, em um curto espaço de tempo, com uma equipe de pedólogos tão pequena, e cada vez menor, como a do Brasil? Como as “novas técnicas” de levantamento de solos poderiam contribuir com isto?

► a sociedade estaria sensibilizada e disposta a arcar com os custos?

Por último, no artigo “está a pedologia morta e enterrada?”, Bascher (1997), transcreve as seguintes palavras de Sposito & Reginato (1992): “*o pedólogo examina um solo como um meio poroso natural na superfície da terra, sem o foco primário de qualquer uso prático, tanto para fins de engenharia como para o meio de desenvolvimento das plantas. O conhecimento básico adquirido de suas investigações é amplamente aplicado por outros, na solução de problemas da sociedade relativos ao comércio, à agricultura ao manejo de recursos naturais*”. Estas palavras apontam para uma reflexão maior: não estaria na hora do pedólogo mudar sua filosofia de trabalho?

## BIBLIOGRAFIA

ACHA-PANOSO, L. A. (1976). **Latossolo Vermelho-Amarelo de tabuleiro do Espírito Santo**. Universidade Federal de Pernambuco, Recife. 115p. (Tese de Livre Docência)

ANJOS, L.H.C. Caracterização, gênese, classificação e aptidão agrícola de uma seqüência de solos do terciário na região de Campos-RJ. Itaguaí, UFRRJ. 1985. 194p. (Tese de Mestrado)

ANTONELLO, L.L. Reserva mineral na fração areia dos solos do Estado de Pernambuco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 22, 1989, Recife. **Programas e Resumo...** Recife, SBCS, 1989. , p.80-81.

ANTONELLO, L.L. **Gênese de uma seqüência de solos de rochas alcalinas do maciço alcalino do Itatiaia, RJ.; mineralogia, geoquímica e micromorfologia**. Rio de Janeiro, UFRJ. 1982. 262p. (Tese de Doutorado)

AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS (ASCE). **Agriculture salinity assessment and management**. New York, ASCE. 1996. 619p.

BAHIA FILHO, A.F.C; BRAGA, J.M. RESENDE, M. & RIBEIRO, A.C. Relação entre adsorção de fósforo e componentes mineralógicos da fração argila de Latossolos do Planalto Central. **Rev. bras. Ci. Solo**, 7:221-226, 1983.

BARNHISEL, R.I. 7 BERTSCH, P.M. Chlorites and hidroxy-interlayered vermiculite and smectite. In: DIXON, J.B. & WEED, S.B., eds. **Mineral in soils environments**. Madison, SSSA. 1989. p. 729-788.

- BASHER, L.R. Is pedology dead and buried? **Aust. J. Soil Res.**, **35**: 979-994, 1997.
- BIGHAM, J.M. **Iron mineralogy of red-yellow hued ultisols as determined by Mössbauer Spectroscopy, X-ray diffractometry, and supplemental laboratory techniques**. Raleigh, North Caroline State University, 1977. 165p. (Tese de Ph. D.)
- BOGNOLA, I.A. **Caracterização química, física e mineralógica de solos intermediários entre Latossolos Brunos e Latossolos Roxos**. Viçosa, UFV. 1995. 205p. (Tese de Mestrado)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo **Levantamento de reconhecimento dos solos da Zona do Médio Jequitinhonha de Minas Gerais**. Rio de Janeiro, EPE. 1968. 340p. (Boletim Técnico, 9).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. **Levantamento exploratório-reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Norte**. Recife, SUDENE. 1971. 531p. (Boletim Técnico, 21).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária. Divisão de Pesquisa Pedológica. DNPEA. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Sul do estado de Mato Grosso**. Rio de Janeiro, 1971. 839p. (Boletim Técnico, 18)
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. DNPEA-DPP. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Ceará**. Recife. 1973a. 2v. 502p. (Boletim Técnico, 28).
- BRASIL. Ministério da Agricultura. Divisão de Pesquisa Pedológica. DNPEA-DPP. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife. 1973b. 431p. (Boletim Técnico, 30)
- CARTER, V.H. **Classificação de terras para irrigação**. Brasília, Secretaria de irrigação, 1993. 208 p. (Manual de irrigação, v.2)
- CARVALHO FILHO, A.; FRAGA, A.G.F.; MOTTA, P.E.F.; OLIVEIRA, V.A. **Guia de excursão de pedologia**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24. Goiânia, 1993. n.p. (mimeogr.)
- CHAGAS, C.S. **Associação de Latossolo variação Uma e Latossolo Vermelho-Escuro; efeito diferencial da orientação dos estratos de rochas pelíticas pobres**. Lavras, ESAL. 1994. 124p. (Tese de Mestrado)
- CLINE, M.G. Basic principles of soil classification. **Soil Sci.**, **67**: 81-91. 1949.

- CORREA, M.M. **Atributos físicos, químicos, mineralógicos e micromorfológicos de solos e ambiente agrícola nas várzeas de Sousa – PB.** Viçosa, UFV. 2000.107p. (Tese de Mestrado)
- CURI, N. **Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais States, Brazil.** West Lafayette, Purdue University, 1983. 158p. (Tese Ph D)
- CURI, N. & FRANZMEIER D.P. Toposequence of oxisols from the Central Plateau of Brazil. **Soil Sci. Soc. Am. J.** **48**: 341-346.
- DURIEZ, M.A.M.; JOHAS, R.A.L.; BARRETO, W.O. Acidez extraível do solo; comparação entre as metodologias internacional e do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLS). Rio de Janeiro, Embrapa-SNLCS. 1982. 16p. (Boletim de Pesquisa, 10)
- E.U.A. United States Department of Agriculture. **Soil survey manual.** Washington, D.C. Soil Survey Staff, 1993. 503p. (Agriculture Handbook, 18).
- E.U.A. Department of Agriculture. **Soil taxonomy.** A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Washington, D.C. Soil Survey Staff. Second edition, 1999. 869p. (Agriculture Handbook, 436).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Mapa esquemático dos solos das regiões Norte, Meio-Norte e Centro-Oeste do Brasil.** Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1975. 533p. (Boletim técnico , 17).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de levantamento e conservação de solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem esquerda do rio São Francisco, Estado da Bahia.** Recife, 1976, 404p. (Boletim Técnico, 38)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de levantamento e conservação de solos. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos da margem direita do rio São Francisco, Estado da Bahia.** Recife, 1977-1979. 2v. (Boletim Técnico, 52)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Espírito Santo,** Rio de Janeiro, 1978. 461p. (Boletim Técnico, 45)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In. REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, 1. 1979. **Anais...** Rio de Janeiro, 1979. 276p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. **Estudo expedito de solos do estado do Rio de Janeiro para fins de classificação, correlação e legenda preliminar.** Rio de Janeiro, 1980a. 207p. (Boletim Técnico, 62).

- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Classificação de Solos. **Estudo expedito de solos da região do Alto Paranaíba, para fins de classificação, correlação e legenda preliminar.** Rio de Janeiro, 1980b. 84p. (Boletim Técnico, 64).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Levantamento de média intensidade dos solos e avaliação da aptidão agrícola das terras do Triângulo Mineiro.** Rio de Janeiro, 1982. 526p. (Boletim de Pesquisa, 1)
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. In. REUNIÃO DE CLASSIFICAÇÃO, CORRELAÇÃO DE SOLOS E INTERPRETAÇÃO DA APTIDÃO AGRÍCOLA, 2. 1983. **Anais...** Rio de Janeiro, 1983. 138p. (Série Documento, 5)
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. In. REUNIÃO DE CORRELAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 5. 1998. **Guia de excursão de estudos de solos nos estados de Pernambuco, Paraíba, Rio Grande do Norte, Ceará e Bahia.** Recife, 1988. 124p.
- EMBRAPA Florestas; Embrapa Solos; Instituto Agrônomo de Campinas. In. REUNIÃO DE CORRELAÇÃO, CLASSIFICAÇÃO E APLICAÇÃO DE LEVANTAMENTO DE SOLOS, 6. 2000. **Guia de excursão de estudos de solos nos estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.** Colombo, Embrapa Florestas / Rio de Janeiro, Embrapa Solos / Campinas, IAC. 2000. 222p.
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Paraná.** Londrina: SUDESUL/EMBRAPA/IAPAR, 1984. 2v. 791 p. (Boletim Técnico, 57).
- EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. **Levantamento exploratório-reconhecimento de solos do Estado do Piauí.** Rio de Janeiro: EMBRAPA-SNLCS/SUDENE-DRN, 1986. 2v. (Boletim de Pesquisa, 36).
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** Brasília, Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro, Embrapa Solos, 1999. 412p.
- FASOLO, P.J. **Mineralogical identification of four igneous extrusive rock derived oxisols from State of Paraná, Brazil.** West Lafayette, Purdue University, 1978. 108p. (Tese de Mestrado)
- FERNANDES ROJAS, I.E.J. **Reversibilidade de fósforo não lábil em diferentes solos, em condições naturais e quando submetidos à redução microbiológica.** Viçosa, UFV. 1994. 93p. (Tese de Doutorado)
- FERREIRA, S.A.D. SANTANA, D.P.; FABRIS, J.D.; CURI, N.; NUNES FILHO, E.; COEY, J.M.D. **Relações entre magnetização, elementos traços e**

- litologia de duas seqüências de solos do Estado de Minas Gerais. **R. b. Ci. Solo**, **18**: 167-174, 1994.
- FONSECA, O.O. M. Caracterização e classificação de solos latossólicos e podzólicos desenvolvidos nos sedimentos do terciário no litoral brasileiro. Itaguaí, UFRRJ. 1986. 185p. (Tese de Mestrado)
- FONTES, M.P.F. **Iron oxide mineralogy in some brazilian oxisols**. Raleigh, North Carolina State University, 1988. 175p. (Tese Ph D.)
- FONTES, M.P.P.; CAMARGO, A.C. SPOSITO, G. Eletroquímica das partículas coloidais e sua relação com a mineralogia de solos altamente intempereizados. **Scientia Agricola**, **58** :627-646. 2001.
- GOMES, I.A. **Oxisols and Inceptisols from gneiss in a subtropical area of Espírito Santo State Brazil**. Lafayette, Purdue University, 1976. 115p. (Tese de Mestrado).
- GUALBERTO, V.; RESENDE, M.; CURI, N. Quiçá e mineralogia de latossolos com altos teores de ferro da Amazônia e do Planalto Central. **R. b. Ci. Solo**, **11**: 245-252, 1987.
- ITURRI LARACH, J.O. & PAOLINELLI, G.P. Capacidade de troca de cátions, soma de bases e saturação de bases: correlação de resultados procedentes do SCS-USDA e SNLCS-EMBRAPA e implicações conexas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 18, 1981, Salvador. **Programas e Resumo...** Salvador, SBCS, 1981. p.25.
- JACOMINE, P.T.K. Solos coesos de tabuleiros costeiros; características, distribuição, geográfica, gênese e manejo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. 1997. Rio de Janeiro, RJ. **Anais...** SBCS. Seção 5.
- KER, J.C. Latossolos do Brasil: uma revisão. **Geonomos**, 5 (1): 17-40. 1997.
- KER, J.C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. Viçosa, UFV. 1995. 181p. (Tese de Doutorado)
- KER, J. & RESENDE, M. Caracterização química e mineralógica de alguns solos Brunos Subtropicais do Brasil. **Rev. Bras. Ci. Solo**. **14**: 215-225, 1990.
- KER, J.C; MOTTA, P.; RESENDE, M.; CARVALHO FILHO, A. & ARAUJO, W. Elementos traços em Latossolos Roxos desenvolvidos de diferentes materiais de origem. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 24, 1993. Goiânia. **Resumo...** Goiânia, SBCS, 1993. vol.2, p.319-320.

- LEPSCH, I.F., BELLINAZZI Jr., R., BERTOLINI, D. & ESPÍNDOLA, C.R. **Manual para levantamento utilitário do meio físico e classificação de terras no sistema de capacidade de uso. 4ª aprox.** Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1983. 175p.
- McLAUGHLIN, R.R.; RYDEN, J.C.; SYERS, J.R. Sorption of inorganic phosphate by iron and aluminum containing components. **J. Soil. Sci.**, **32**: 365-377, 1981.
- MESQUITA FILHO, M.V. & TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from Cerrado Region (Brazil). **Geoderma**, **58**: 107-123, 1993.
- MOORMANN, F.R. Report on the Brazil Meeting of the Committee on the Classification of Alfisols and Ultisols with Low Activity Clays. In: **Excerts from the Circular Letters of the International Committee on Low Activity Clays (ICOMLAC)**. Technical Monograph, 8. Soil Management Support Services, 1985. 228p.
- MOREAU, A.M.S.S. **Gênese, mineralogia e micromorfologia de horizontes coeso, fragipã e duripã em solos de tabuleiro costeiro do sul da Bahia.** Viçosa, UFV. 2001. 139p. (Tese de Doutorado)
- NALOVIC, L. & SEGALIN, P. Relations entre le fer et les elements traces de transition dans un certain nombre de mineraux ferriferes. **Cah. ORSTOM, Sér. Pedol.**, **11**: 181-191, 1973.
- NOVAIS, R.F. & SMYTH, T.J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Viçosa, UFV-DPS. 1999. 399p.
- OLIVEIRA, M. **Os solos e o ambiente agrícola no sistema Piranhas-Açu, RN.** Viçosa, UFV. 1999. 161p. (Tese de Doutorado)
- PALMIERI, F. **A study of a climosequence of soils derived from volcanic rocks parent material in Santa Catarina and Rio Grande do Sul States, Brazil.** West Lafayette, Purdue University, 1986. 259p. (Tese de Ph. D.)
- PÖTTER, R.O. & KÄMPF, N. Argilo-minerais e óxidos de ferro em Cambissolos e Latossolos sob regime climático térmico údico no Rio Grande do Sul. **Rev. Bras. Ci. Solo**. **5**: 153-159, 1981.
- RAMALHO FILHO, A. & BEEK, K. J. **Sistema de avaliação agrícola das terras.** Rio de Janeiro, EMBRAPA-CNPS, 1995. 65p.
- RESENDE, M. **Mineralogy, chemistry, morphology and geomorphology of some soils of Central Plateau of Brazil.** West Lafayette, Purdue University. 1976. 237p. (Tese Ph. D.)
- RESENDE, M. **Bruno não cálcico, interpretação de um perfil.** Mossoró, Fundação Guimarães Duque, 1983, 165p. ( Coleção Mossoroense, v. 218).

- RESENDE, M. & OLIVEIRA, J.B. **Princípios básicos de classificação de solos**. Mimeogr. (s.d.)
- RESENDE, M, CURI, N. & SANTANA, D.P. **Pedologia e fertilidade do solo**.;Interações e aplicações. Piracicaba, MEC/ESAL/POTAFOS, 1988, 83p.
- RIBEIRO, L.P. **Os Latossolos Amarelos do recôncavo baiano; gênese, evolução e degradação**. Salvador, SEPLANTEC/CADCT. 1998. 99p.
- RÜEGG, N.R. Características de distribuição e teor de elementos traços dosados em rochas basálticas da bacia do Paraná. **Naturalia**, 2: 23-45. 1976.
- SANTANA, M.B. **Atributos físicos do solo e distribuição do sistema radicular de citros como indicadores da coesão em dois solos dos tabuleiros costeiros da Bahia**. Viçosa, UFV. 2003. 73 p. (Tese de mestrado – no prelo)
- SANCHEZ, P.A.; PALM, C.A; BUOL, S.W. Fertility capability soil classification: a tool to help assess soil quality in the tropics. **Geoderma**, 114: 157-185, 2003
- SCHWERTMANN, U. Some properties of soil and synthetic iron oxides. In: STUCKI, J.W.; GOODMAN, B.A.; SCHWERTMANN, U., eds. **Iron in soils and clay minerals**. Dordrecht, Reidel, 1988. p. 203-250.
- SILVA, F.B.R. **Cambissolos da porção central da província estrutural da Mantiqueira e suas relações com os Latossolos; alteração e pedogênese**. São Paulo, USP. 1985, 261p. (Tese de Doutorado)
- SOKAL, R.R. Classification: purposes, principles, progress, prospects. **Science**, 185: 115-112. 1974.
- SOUZA, A.R. **Caracterização e interpretação de solos Brunos não-Cácicos para uso agrícola, no sertão do Pajeú do Estado de Pernambuco**. Viçosa, UFV.1986. 77p. (Tese de Mestrado)
- UEHARA, G. & GILMAN, G.P. **The mineralogy, chemistry and physics of variable charge soils**. West View Press, Boulder. 1981
- Van WAMBEKE, A.R. **Soils of the tropics; properties and appraisal**. New York, Mc Graw-Hill, 1992.343p.
- YU, T.R. **Chemistry of variable charge soils**. New York, Oxford, 1997.505 p.