

INTERPRETAÇÃO DE ANÁLISE DE SOLOS

Verificação da coerência da análise química da terra

- Cálculos de SB, T, t, V e m, conferi-los;
- O pH em água, principalmente da camada superficial, normalmente é maior do que o pH em CaCl₂ (0,3 a 1,2 unidades);
- Relação pH e V%: na camada de 0-20 cm, normalmente encontramos valores médios correspondentes aos da Tabela 2.
- Relação pH x m%: acima de pH em água 5,6 já não se deve encontrar mais Al, pois este já deve ter sido todo precipitado na forma de Al(OH)₃ (Tab. 2).
- Al³⁺ + 3H₂O = Al(OH)₃ + 3H⁺
- Relação M.O. x CTC: com o aumento da Matéria Orgânica do solo, há uma tendência de aumentar a CTC a pH 7,0 (T).
- Normalmente o teor de Ca é maior que Mg, este maior que K e este maior que Na (Ca > Mg > K > Na).
- Em amostras de várias profundidades de uma mesma área, normalmente o pH, M.O., P, K, Ca, Mg e T são maiores nas camadas superficiais e Al e S nas camadas inferiores.

Tabela 2. Relação aproximada entre V%, pH em CaCl₂, pH em água e m%, em amostras de terra da camada superficial (0-20 cm).

V%	pH em CaCl ₂	pH em água	m%
4	3,8	4,4	90
12	4,0	4,0	68
20	4,2	4,8	49
28	4,4	5,0	32
36	4,6	5,2	18
44	4,8	5,4	7
52	5,0	5,6	0
60	5,2	5,8	0
68	5,4	6,0	0
76	5,6	6,2	0
84	5,8	6,4	0
92	6,0	6,6	0
100	6,2	6,8	0

Fonte: RAIJ *et al.* (1985).

Tabela 3. Sistema Internacional de Unidades utilizado nas principais regiões do Brasil.

Instituição	Abrangência (Estados)	Matéria Orgânica	P disponível*	K trocável	T **
Comissão de Fertilidade do Solo dos Estados do RS e SC	RS e SC	%	mg/L	mg/L	cmolc/L
Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas do Paraná (CELA)	PR	g/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³
Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais	MG	g/kg	mg/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³
Instituto Agronômico de Campinas (IAC)	SP	g/dm ³	mg/dm ³	mmolc/dm ³	cmolc/dm ³
Centro Nacional de Pesquisa de Solos (CNPS) da EMBRAPA	RJ, ES, PE, PB, PI, AL, BA, SE, RN, PA, AM, RO, AC, GO, MS, MT	g/dm ³	mg/dm ³	cmolc/dm ³	cmolc/dm ³

*Essas mesmas unidades adotadas para P disponível são, em geral, utilizadas para S e micronutrientes.

**Cátions trocáveis (Ca, Mg, Al), Acidez Potencial (H+Al), Soma de Bases (SB) e T.

Tabela 4. Conversão das unidades antigas para as unidades do SI.

Tabela 4. Conversão das unidades antigas para as unidades do SI.

UNIDADE ANTIGA (A)	UNIDADES DO SISTEMA INTERNACIONAL (SI) (SI = A x F)	Fator de conversão (F)
SOLOS		
%	g/kg; g/dm ³ ; g/l	10
ppm	mg/kg; mg/dm ³ ; mg/l	1
meq/100 cm ³ ou meq/100g ou meq/l	cmol _c /dm ³ ou cmol _c /kg ou cmol _c /l	1
meq/100 cm ³ ou meq/100g ou meq/l	mmol _c /dm ³ ou mmol _c /kg ou mmol _c /l	10
PLANTAS		
%	g/kg	10
ppm	mg/kg	1

- **1. Solo:**
- - Teor de carbono, matéria orgânica e textura do solo (areia, silte e argila) $\Rightarrow \% \times 10 = \text{g/dm}^3 = \text{g/kg}$
- - Fósforo, enxofre e micronutrientes: $\text{ppm} \times 1 = \text{mg/kg} = \text{mg/dm}^3$
- - Cátions trocáveis (K, Ca, Mg, Al), Acidez potencial (H+Al), Soma de Bases (SB) e Capacidade de Troca de Cátions (CTC):
 $\text{meq/100 cm}^3 = 10 \text{ mmoc/dm}^3 = 1 \text{ cmolc/dm}^3$
- - Saturação de bases (V%) e Saturação de alumínio (m%): **continuam expressos em %**

- **VALE LEMBRAR QUE:**
- **1 ppm = 1 µg/ml = 1 mg/dm³**
- **1 cmolc/dm³ = 1 cmolc/kg = 1 meq/100 ml = 1 meq/100 cm³ = 10 mmolc/dm³ = 10 mmolc/kg**
- **Mas e o que é o cmolc/dm³ e mmolc/dm³?**
- **É o centésimo do número de mols de carga ou milésimo do número de mols de carga. Pelo SI, a massa molecular deve ser expressa pelo número de mols da substância (ou seus múltiplos e submúltiplos). Para estudos do solo pode ser usado o centimol (centésima parte do mol) ou o milimol (milésima parte do mol).**
- **Assim, a quantidade de Ca deve ser expressa como cmol (Ca^{2+}). Na análise de solo interessa mais a soma da carga dos cátions trocáveis do que suas quantidades, para que se possa calcular a sua capacidade de troca. O correto seria, então, se expressar a quantidade de Ca como cmol($\frac{1}{2}\text{Ca}^{2+}$), cmol ($\frac{1}{2}\text{Mg}^{2+}$), cmol ($\frac{1}{3}\text{Al}^{3+}$) e assim por diante. Para simplificar, criou-se o centimol de cargas ou milimol de cargas, cujos símbolos são, respectivamente cmolc e mmolc.**

Interpretação dos resultados

- O extrator utilizado é o mesmo para o qual foram obtidas as tabelas de interpretação e recomendação de fertilizantes que se está consultando.
- Observar as unidades.
- Sempre que possível, utilizar **índices interpretativos específicos** para a cultura que se está trabalhando.
- Se não os tiver, utilizar os índices gerais disponíveis, mas com um acompanhamento das produtividades alcançadas para verificar a acuidade dos índices utilizados.
- Os resultados obtidos em outros Estados e países **não servem para interpretar a fertilidade de nossos solos, a não ser que utilizem os mesmos métodos e extractores** utilizados aqui.

pH do solo ou acidez ativa

- Fornece o grau de acidez ou alcalinidade de um extrato aquoso do solo, ou seja, é um indicativo das condições gerais de fertilidade do solo.
- **Interpretação de pH**
- No Estado de Mato Grosso o pH é determinado em água e em CaCl_2 0,01M na relação 1:2,5.

pH em água e CaCl₂

pH em água		pH em CaCl ₂			
Classificação*	Classificação**	Classificação*			
< 5	acidez elevada	< 5,0	muito baixo	< 4,3	acidez muito alta
5,0 a 5,9	acidez média	5,0 a 5,5	baixo	4,4 a 5,0	acidez alta
6,0 a 6,9	acidez fraca	5,6 a 6,0	médio	5,1 a 5,5	acidez média
7,0	neutro	> 6,0	alto	5,6 a 6,0	acidez baixa
7,1 a 7,8	alcalinidade fraca			6,0 a 7,0	acidez muito baixa
> 7,8	alcalinidade elevada			7,0	neutro
				> 7,0	alcalino

* Relação solo:solução = 1:2,5; ** Relação solo:solução = 1:1 (SC e RS).

- pH em água versus pH em CaCl₂ 0,01M

pH em água x pH CaCl₂

- A decantação é mais rápida em CaCl₂ do que em água, devido ao efeito floculante do cálcio, ganha-se tempo no laboratório;
- CaCl₂ reduz o efeito das aplicações de fertilizantes fortemente salinos nas leituras de pH;
- CaCl₂ reduz alterações devido à diluição;
- Melhor correlação entre pH e V%.
- Quanto maior o pH, maior será a saturação por bases no solo, e esta correlação é mais exata com o pH em CaCl₂ do que com o pH em água, devido à menor variabilidade das leituras de pH em CaCl₂.

Diferença entre pH em água e em CaCl_2 0,01M

- Normalmente, para uma mesma amostra, o pH em água é maior do que o pH em CaCl_2 .
- Esta diferença não tem um valor fixo.
- Solos muito ácidos, a diferença pode chegar a 1,0 (um).
- Solos próximos à neutralidade os dois valores podem ser iguais.

Fósforo disponível ou lábil

- Anteriormente, utilizava-se uma das seguintes unidades para P disponível: ppm P; $\mu\text{g P/cm}^3$.
- Pelo S.I., a unidade correta para P é mg P/dm³.
- Numericamente, todas essas unidades são equivalentes, não sendo necessário transformação.
- $1 \text{ ppm P} = 1 \text{ } \mu\text{g P/g} = 1 \text{ mg P/dm}^3$

Interpretação dos teores de P

Quadro 3. Interpretação de análise de solo para P extraído pelo método Mehlich, de acordo com o teor de argila, para recomendação de fosfatada em sistemas de sequeiro com culturas anuais.

Teor de argila	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
%	----- mg/dm ³ -----				
≤ 15	0 a 0,6	6,1 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	> 25,0
16 a 35	0 a 0,5	5,1 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	> 20,0
36 a 60	0 a 0,3	3,1 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	> 12,0
> 60	0 a 2,0	2,1 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	> 6,0

Adaptado de Souza et al. (1987a). Fonte: Sousa e Lobato, 2004.

Quadro 4. Tabela. Interpretação de análise de solo para P extraído pelo método Mehlich, de acordo com o teor de argila, para recomendação de fosfatada em sistemas irrigados com culturas anuais.

Teor de argila	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
%	----- mg/dm ³ -----				
≤ 15	0 a 12,0	12,1 a 18,0	18,1 a 25,0	25,1 a 40,0	> 40,0
16 a 35	0 a 10,0	10,1 a 15,0	15,1 a 20,0	20,1 a 35,0	> 35,0
36 a 60	0 a 5,0	5,1 a 8,0	8,1 a 12,0	12,1 a 18,0	> 18,0
> 60	0 a 3,0	3,1 a 4,0	4,1 a 6,0	6,1 a 9,0	> 9,0

Adaptado de Souza et al. (1987a). Fonte: Sousa e Lobato, 2004.

Quadro 5. Interpretação de análise de solo para P extraído pelo método da resina trocadora de íons, para recomendação de fosfatada em sistemas agrícolas de sequeiro e irrigados com culturas anuais.

Sistema agrícola	Teor de P no solo				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Adequado	Alto
	mg/dm ³				
Sequeiro	0 a 5	6 a 8	9 a 14	15 a 20	> 20
Irrigado	0 a 8	9 a 14	15 a 20	21 a 35	> 35

Adaptado de Lins (1987); Embrapa Cerrados – dados experimentais. Fonte: Fonte: Sousa e Lobato, 2004.

Quadro 6. Interpretação da análise de solo para recomendação de adubação fosfatada (fósforo extraído pelo método Mehlich 1).

Teor de argila (%)	Teor de P (mg/dm ³)			
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom
61 a 80	0 a 1,9	2,0 a 3,9	4,0 a 5,9	> 6,0
41 a 60	0 a 4,9	5,0 a 7,9	8,0 a 11,9	> 12,0
21 a 40	0 a 5,9	6,0 a 11,9	12,0 a 17,9	> 18,0
< 20	0 a 7,9	8,0 a 14,9	15,0 a 19,9	> 20,0

Fonte: Fundação MT (2003).

Potássio trocável

POTÁSSIO TROCÁVEL (K^+)

- ⇒ Podia-se encontrar os teores de K trocável expresso em duas unidades: meq K/100 cm³ ou ppm K.
- ⇒ Pelo S.I., os teores de K^+ podem ser expressos em uma das seguintes unidades:

cmol_c/dm³ (PR), mmol_c/dm³ (SP), mg/dm³ (demais Estados)

- Numericamente são equivalentes entre si:

⇒ meq/100 cm³ e cmol_c/dm³ (= 10 mmol_c/dm³)

⇒ ppm e mg/dm³

- Para transformar cmol_c K/dm³ (ou meq K/100 cm³) em ppm K (ou mg K/dm³) basta multiplicar por 390.
- Para calcular a soma de bases, o K deve ser transformado para a mesma unidade do Ca e do Mg (cmol_c/dm³)

Quadro 7. Interpretação de análise de solo para K para culturas anuais em solos de cerrado.

CTC a pH 7,0 menor que 4,0 cmol _c /dm ³			
Tolerância de K			
Baixo	Médio	Adequado ¹	Alto ²
mg/kg			
≤ 15	16 a 30	31 a 40	> 40
CTC a pH 7,0 igual ou maior que 4,0 cmol _c /dm ³			
Tolerância de K			
Baixo	Médio	Adequado	Alto
mg/kg			
≤ 25	26 a 50	51 a 80	> 80

Adaptado de Souza e Lobato (1996). Fonte: Souza e Lobato, 2004.

CÁLCIO E MAGNÉSIO TROCÁVEIS (Ca^{2+} e Mg^{2+})



- Eram expressos em meq/100 cm³ ou meq/100 g.
- Pelo SI:
- cmolc/dm³ => utilizada em todos os Estados, exceto SP.
- mmolc/dm³ => utilizada em SP.
- O cmolc/dm³ e o antigo meq/100 cm³ têm a mesma grandeza, não sendo, portanto, necessário qualquer transformação.
- O mmolc/dm³, entretanto, a grandeza é dez (10) vezes maior do que ambas. Assim:
- **1 meq/100 cm³ = 1 cmolc/dm³ = 10 mmolc/dm³**

QUADRO 9. Índices normalmente utilizados para classificar os teores de cálcio e de magnésio

Unidades	Baixo		Médio		Alto	
	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
cmol _c /dm ³	< 2	< 0,4	2 a 4	0,4 a 0,8	> 4	> 0,8
mmol _c /dm ³	< 20	< 4	20 a 40	4,0 a 8,0	> 40	> 8

Fonte: TOMÉ JR (1997).

ALUMÍNIO TROCÁVEL (Al^{3+})

⇒ Da mesma forma que o cálcio e o magnésio, os teores de alumínio passaram a ser expressos no SI.

QUADRO 10. Classificação para os teores de Al^{3+} trocável

Unidades	Baixo	Médio	Alto
$\text{cmol}_\circ/\text{dm}^3$	< 0,5	0,5 a 1,5	> 1,5
$\text{mmol}_\circ/\text{dm}^3$	< 5,0	5,0 a 15,0	> 15,0

Fonte: TOMÉ JR (1997).

⇒ Interpretar apenas o teor de Al^{3+} nem sempre é suficiente para caracterizar toxidez para as plantas, pois esta depende também da proporção que o Al^{3+} ocupa na CTC efetiva. Para avaliar corretamente a toxidez por alumínio deve-se calcular também a saturação por Al (m).

$$m = [(\text{Al}^{3+} \times 100)/t]$$

QUADRO 11. Interpretação para os valores de m

m (%)	CLASSIFICAÇÃO
0 – 15	Baixo (não prejudicial)
16 – 35	Médio (levemente prejudicial)
35 – 50	Alto (prejudicial)
> 50	Muito alto (muito prejudicial)

Fonte: TOMÉ JR (1997).

⇒ Acidez Não Trocável (H^+) e Acidez Potencial ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$)

- A expressão dos resultados é feita utilizando-se o SI, da mesma maneira que Ca, Mg e Al.

Quadro 13. Classes de interpretação de fertilidade do solo para a matéria orgânica e para o complexo de troca catiônica.

Característica	Unidade	Classificação				
		Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Muito bom
Matéria orgânica (M.O)	dag.kg ⁻¹	≤ 0,70	0,71-2,00	2,01-4,00	4,01-7,00	> 7,00
Cálcio trocável (Ca ⁺²) ²	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,40	0,41-1,20	1,21-2,40	2,41-4,00	> 4,00
Magnésio trocável (Mg ⁺²)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,15	0,16-0,45	0,46-0,90	0,91-1,50	> 1,50
Acidez trocável (Al ⁺³)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,20	0,21-0,50	0,51-1,00	1,01-2,00 ³	> 2,00 ³
Soma de bases (SB)	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,60	0,61-1,80	1,81-3,60	3,61-6,00	> 6,00
Acidez potencial (H+Al)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,00	1,01-2,50	2,51-5,00	5,01-9,00 ³	> 9,00 ³
CTC efetiva	cmol _c dm ⁻³	≤ 0,80	0,81-2,30	2,31-4,60	4,61-8,00	> 8,00
CTC pH 7 (T)	cmol _c dm ⁻³	≤ 1,60	1,61-4,30	4,31-8,60	8,61-15,0	> 15,0
Saturação por Al ⁺³ (m)	%	≤ 15,0	15,1-30,0	30,1-50,0	50,1-75,0 ³	> 75,0 ³
Saturação por bases (V)	%	≤ 20,0	20,1-40,0	40,1-60,0	60,1-80,0	> 80,0

¹Método Walkley & Black;

²Método KCl 1mol/L;

³A interpretação destas classes deve ser alta e muito alta em lugar de bom e muito bom

Fonte : RIBEIRO et al, 1999

Matéria orgânica

- As novas unidades do S.I. para C.O. e M.O. são 10 vezes maiores do que a porcentagem (%).
- $g\text{ C.O. ou M.O./dm}^3 = \% \text{C.O. ou M.O.} \times 10$
- Em qualquer unidade a conversão de C.O. para M.O. é feita pela seguinte relação:
- Matéria Orgânica (M.O.) = Carbono Orgânico (C.O.) x 1,723

C.O e M.O.

QUADRO 15. Interpretação do C.O. e da M.O.

PR, SP, MG, GO, MT, etc.		RS e SC		Classificação
C.O. g/dm ³	M.O.	C.O. %	M.O.	
< 9	< 15	< 1,4	< 2,5	BAIXO
9 a 14	15 a 25	1,5 a 3,0	2,6 a 5,0	MÉDIO
> 14	> 25	> 3,0	> 5,0	ALTO

ENXOFRE E MICRONUTRIENTES

QUADRO 17. Limites para interpretação dos teores de enxofre (S) e de micronutrientes no solo, com extrator Mehlich I, para culturas anuais.

Teor	S $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	B (água quente)	Cu	Mn	Zn
	Mehlich I				
.....mg.dm ⁻³					
Baixo	< 5	< 0,2	< 0,4	< 1,9	< 1,0
Médio	5 – 10	0,3 – 0,5	0,5 – 0,8	2,0 – 5,0	1,1 – 1,6
Alto	> 10	> 0,5	> 0,8	> 5,0	> 1,6

Fonte: 1. Fonte: 1. Micronutrientes: Sousa e Lobato, 2004.

2. Enxofre (S): Sfredo, Lantmann & Borkert, 1999.

QUADRO 18. Limites para a interpretação dos teores de enxofre (S) e de micronutrientes no solo, com extrator DTPA.

Teor	S $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$	B (água quente)	Cu	Fe	Mn	Zn
	DTPA					
.....mg.dm ⁻³						
Baixo	< 5	< 0,2	< 0,2	< 4	< 1,2	< 0,5
Médio	5 – 10	0,3 – 0,5	0,3 – 0,8	5 – 12	1,3 – 5,0	0,6 – 1,2
Alto	> 10	> 0,5	> 0,8	> 12	> 5,0	> 1,2

Fonte: 1.Raij, B. van; Quaggio, A .J.; Cantarella, H. & Abreu, C.A . Interpretação de análise de solo. In Raij, B.van; Cantarella, H.; Quaggio, A.J.; Furlani, A.M.C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2ed. Campinas, Instituto Agronômico. 1996. (Boletim Técnico, 100).

2. Enxofre (S): Sfredo, Lantmann & Borket, 1999.

Micronutrientes

QUADRO 19. Classe de interpretação da disponibilidade para os micronutrientes.

Micronutriente	Classificação				
	Muito baixo	Baixo	Médio	Bom	Alto
Zinco disponível (Zn) ¹	≤ 0,4	0,5-0,9	1,0-1,5	1,6-2,2	> 2,2
Manganês disponível (Mn) ¹	≤ 2	3-5	6-8	9-12	> 12
Ferro disponível (Fe) ¹	≤ 8	9-18	19-30	31-45	> 45
Cobre disponível (Cu) ¹	≤ 0,3	0,4-0,7	0,8-1,2	1,3-1,8	> 1,8
Boro disponível (B) ²	≤ 0,15	0,16-0,35	0,36-0,60	0,61-0,90	> 0,90

¹ Método Mehlich 1; ²Método água quente

Fonte: RIBEIRO et al., 1999