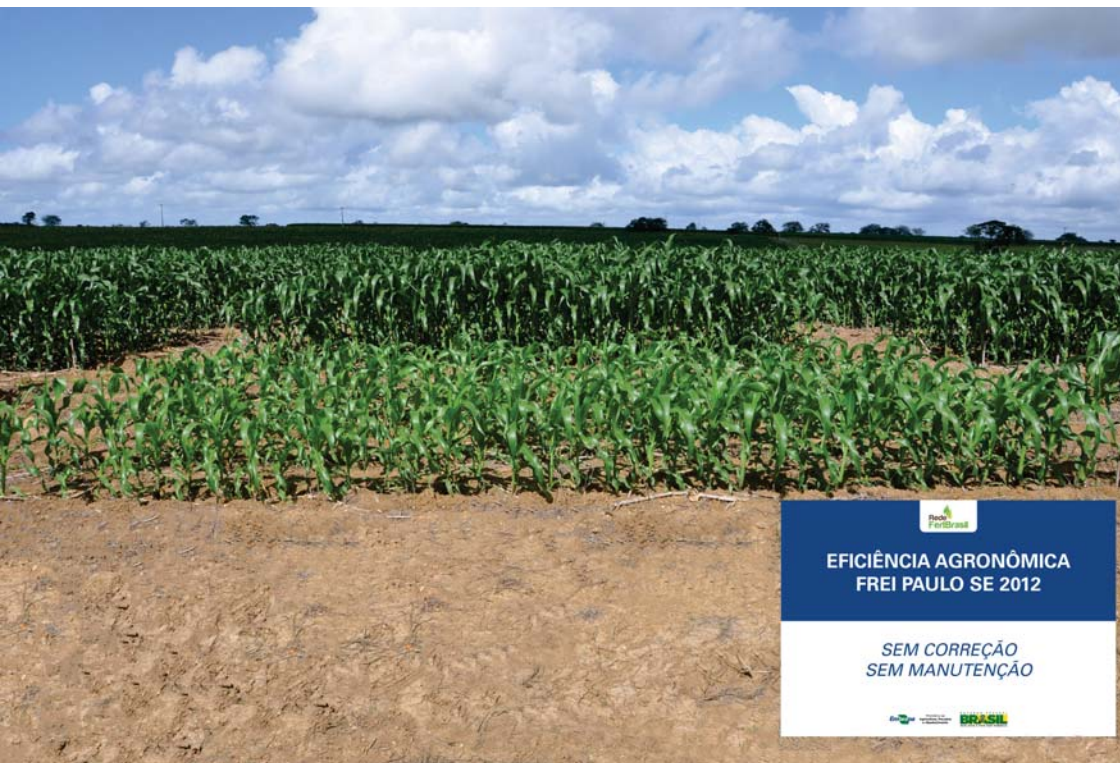


## Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo



EFICIÊNCIA AGRÔNOMICA  
FREI PAULO SE 2012

SEM CORREÇÃO  
SEM MANUTENÇÃO



ISSN 1678-1953

Dezembro, 2015

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária  
Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

# **Documentos 206**

## **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**

Lafayette Franco Sobral  
Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto  
Airon José da Silva  
Joézio Luiz dos Anjos

Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Aracaju, SE  
2015

Embrapa Tabuleiros Costeiros  
Av. Beira Mar, 3250, CEP 49025-040, Aracaju, SE  
Fone: (79) 4009-1300  
Fax: (79) 4009-1369  
www.embrapa.com.br  
www.embrapa.br/fale-conosco

## **Comitê Local de Publicações**

### **Comitê Local de Publicações da Embrapa Tabuleiros Costeiros**

Presidente: *Marcelo Ferreira Fernandes*

Secretária-executiva: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Membros: *Ana Veruska Cruz da Silva Muniz, Carlos Alberto da Silva, Élio César Guzzo, Hymerson Costa Azevedo, João Costa Gomes, Josué Francisco da Silva Junior, Julio Roberto de Araujo Amorim, Viviane Talamini e Walane Maria Pereira de Mello Ivo*

Supervisão editorial: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Normalização bibliográfica: *Josete Cunha Melo*

Editoração eletrônica: *Raquel Fernandes de Araújo Rodrigues*

Foto da capa: Saulo Coelho Nunes

### **1ª Edição**

*On-line* (2015)

#### **Todos os direitos reservados.**

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

#### **Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)**

Embrapa Tabuleiros Costeiros

---

Guia prático para interpretação de resultados de análises de solos / Lafayette Franco Sobral ... [et al.] – Aracaju : Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2015.

13 p. (Documentos / Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1953; 206).

Disponível em: <[www.bdpa.cnptia.embrapa.br](http://www.bdpa.cnptia.embrapa.br)>

1. Solo. 2. Fertilizante. 3. Análise de solo. I. Sobral, Lafayette Franco. II. Barretto, Marcos Cabral de Vasconcelos. III. Silva, Airon José da. IV. Anjos, Joézio Luiz dos. V. Série.

---

CDD 631.4 21. ed.

# **Autores**

## **Lafayette Franco Sobral**

Engenheiro-agrônomo, PhD em Ciência do Solo, pesquisador da Embrapa Tabuleiros Costeiros

## **Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE

## **Airon José da Silva**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciência do Solo, professor da Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE

## **Joézio Luiz dos Anjos**

Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia, pesquisador da Embrapa Tabuleiros, Aracaju, SE

# Apresentação

A recomendação de fertilizantes com base em análise de solo é uma ferramenta importante para obtenção de produtividades competitivas. No Brasil, esse processo está bem estabelecido, entretanto, a apresentação dos conceitos relacionados ao tema de forma simples e direta pode auxiliar os técnicos que atuam na Assistência Técnica tanto privada quanto oficial.

Os métodos de análise abordados nesta publicação são aqueles utilizados nos laboratórios de solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), os quais são submetidos a um sistema de controle de qualidade.

*Manoel Moacir Costa Macêdo*

Chefe-geral da Embrapa Tabuleiros Costeiros

# Sumário

<b>Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo</b> .....	6
<b>Introdução</b> .....	6
<b>Unidades utilizadas nos resultados de análises de solo</b> .....	7
Acidez ativa - pH .....	7
Acidez trocável ou alumínio trocável.....	8
Acidez total ou potencial.....	8
Bases trocáveis.....	9
Saturação por bases (V%) .....	9
Potássio.....	10
Sódio .....	10
Capacidade de troca catiônica (CTC) .....	11
Fósforo .....	11
<b>Considerações finais</b> .....	13
<b>Referências</b> .....	13

# Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo

---

*Lafayette Franco Sobral*

*Marcos Cabral de Vasconcellos Barretto*

*Airon José da Silva*

*Joézio Luiz dos Anjos*

## Introdução

A análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes é um processo no qual são utilizados métodos rápidos para estimar a disponibilidade de nutrientes, simulando a capacidade de extração das raízes. O estabelecimento da análise de solo em uma região ou estado deve ser precedido de pesquisa para seleção dos métodos, através de estudos de correlação e de calibração.

A avaliação da disponibilidade dos nutrientes no solo é feita através de métodos que são selecionados com base na correlação entre as quantidades do nutriente extraídas do solo e as quantidades do nutriente absorvidas por plantas indicadoras. Esses métodos simulam a ação das raízes, ou seja, extraem as formas químicas dos nutrientes que seriam absorvidas pelas plantas.

Um resultado de análise de solo, mesmo obtido por um método que se correlacione com o crescimento da planta, tem sua interpretação limitada caso não se disponha dos padrões de comparação. Os padrões de comparação são obtidos em experimentos de campo, nos quais se avalia, prioritariamente, a produção das culturas em relação aos teores do nutriente medidos no solo. Este procedimento denomina-se calibração.

O objetivo desta publicação é apresentar de forma simples e direta, os conceitos que norteiam a interpretação dos resultados de análise de solo para fins de recomendação de fertilizantes. Os conceitos aqui apresentados tiveram como fonte: Cantaruti et al. (2007a; 2007b) e Sobral et al., (2007).

## Unidades utilizadas nos resultados de análises de solo

Nos resultados da análise de solo, é utilizado o Sistema Internacional de Unidades. Na Tabela 1, são apresentados os fatores de conversão para casos em que o Sistema Internacional Unidades ainda não tenha sido implantado no laboratório onde foram feitas as análises.

**Tabela 1.** Unidades utilizadas na análise de solo e fatores de conversão.

Determinação	Anterior	Atual	Fator
pH	Adimensional	--	--
M.O	%	g dm <sup>-3</sup>	x 10
P.S.K Micros	ppm	mg dm <sup>-3</sup>	igual
K	mg dm <sup>-3</sup>	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	/391
Ca.Mg.K.Al	meq (100cm <sup>-3</sup> )	mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	x 10
Ca.Mg.K.Al	meq (100cm <sup>-3</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	igual
CTC: H+ Al	meq (100cm <sup>-3</sup> )	cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	igual
V	%	%	--

### Acidez ativa - pH

- A acidez ativa do solo é a concentração hidrogeniônica em solução.
- A escala de pH utilizada para medir a acidez ativa varia de 0 a 14.
- Valores de pH entre 2 e 3 indicam presença de ácidos livres provenientes da pirita que, quando oxidada, passa para H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>.
- Quando o pH se situa entre 4 e 5, indica a presença de alumínio trocável.
- Quando o pH está em torno de 5,2 a 5,3 o alumínio trocável está quase na sua totalidade insolubilizado e não causa mais danos as raízes.
- Solos calcários apresentam pH entre 7 e 8.
- Quando o pH é próximo de 9, indica a presença de sódio.



## Acidez trocável ou alumínio trocável

- A acidez trocável é representada pelo alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ).
- A presença de alumínio no solo pode inibir o crescimento radicular e influenciar na disponibilidade de outros nutrientes e processos como a mineralização da matéria orgânica.
- A correção do solo com calcário eleva o pH e insolubiliza o  $\text{Al}^{3+}$  tornando-o inofensivo para as raízes e processos do solo.
- Insistir em não fazer calagem quando o  $\text{Al}^{3+}$  no solo é maior que  $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  não é recomendado, pois, pode trazer prejuízos com a queda da produtividade. Algumas culturas são mais sensíveis ao  $\text{Al}^{3+}$  que outras.

## Acidez total ou potencial

- A acidez potencial é composta pela acidez trocável e não trocável e é representada pelo  $\text{H} + \text{Al}$ .
- Pode ser obtida diretamente através do método do acetato de cálcio a pH 7.
- Também pode ser obtida indiretamente com base no pH de uma solução tamponada SMP adicionada ao solo.
- O método baseia-se na relação existente entre o pH de uma solução tamponada adicionada ao solo e o teor de  $\text{H} + \text{Al}$ .
- A relação é dependente de atributos físicos, químicos e mineralógicos do solo.
- É necessária a calibração dessa relação para os solos da região de influência do laboratório.
- Quanto mais baixo o pH SMP mais alto o  $\text{H} + \text{Al}$ . A acidez total é utilizada para o cálculo da capacidade de troca catiônica e da saturação por bases.

## Bases trocáveis

- A quantidade de bases trocáveis cálcio, magnésio, potássio e sódio indicam o grau de intemperismo do solo. Em solos mais jovens que sofreram menos intemperismo, os teores dos quatro elementos são mais altos.
- Solos que sofreram mais intemperismo como os solos dos Tabuleiros Costeiros, os teores dos citados elementos são mais baixos.
- Quando os teores de cálcio e magnésio são baixos, os mesmos podem ser elevados com a utilização de calcário dolomítico o qual tem em sua composição mais de 12% de magnésio. Quando o objetivo for somente corrigir a acidez o calcário calcítico pode ser utilizado.
- Observar que o cálcio e magnésio podem ser adsorvidos a cargas que seriam ocupadas pelo potássio e o mesmo pode ser lixiviado, para fora do alcance das raízes.

## Saturação por bases (V%)

- A saturação por bases é a proporção da capacidade de troca catiônica ocupada pelas bases.
- Solos com saturação por bases maiores que 70% indicam que não há necessidade de calagem.
- Solos com saturação por bases menor que 50%, têm cargas ocupadas por componentes da acidez H ou Al e necessitam de correção.
- No cálculo das bases trocáveis, são computados, além do cálcio e do magnésio, o potássio e o sódio.
- O método de calagem por saturação por bases considera a necessidade de cada cultura. Os métodos baseados na insolubilização do  $Al^{3+}$  e na elevação dos teores de cálcio e do magnésio no solo não levam em consideração as necessidades da cultura.

## Potássio

- Teores altos de potássio indicam presença de minerais primários e pouco intemperismo, o que ocorre em solos de regiões mais secas.
- Teores mais baixos de potássio indicam solos mais intemperizados.
- O teor de potássio no solo pode ser elevado com a aplicação de adubos contendo o nutriente. No Brasil, a fonte mais comum é o cloreto de potássio.

## Sódio

- Os teores de sódio nos solos dos Tabuleiros Costeiros e da Baixada Litorânea são baixos devido ao alto intemperismo.
- Os teores de sódio nos solos da região Semiárida são mais altos em função da presença de minerais primários devido ao baixo intemperismo.
- Quando o teor de sódio for alto complementar a análise com determinações de condutividade elétrica, percentagem de sódio trocável e relação de adsorção de sódio e comparar os resultados encontrados com a Tabela 2. De acordo com a classificação, indicar o manejo para tentar resolver o problema.

**Tabela 2.** Índices de extrato de saturação (C.E.), percentagem de sódio trocável (PST), relação de adsorção de sódio (RAS) e pH para classificação de solos afetados por sais.

Classificação	CE dS m <sup>-1</sup>	PST	RAS	pH
Salino	≥ 4,0	< 15	< 13	< 8,5
Sódico	< 4,0	≥ 15	≥ 13	> 8,5
Salino – Sódico	≥ 4,0	≥ 15	≥ 13	< 8,5

A condutividade elétrica do extrato da pasta saturada, mais conhecida como condutividade elétrica do extrato de saturação (C.E.) é o método mais rápido e simples para se estimar o total de sais solúveis do solo. A percentagem de sódio trocável (PST) é o percentual de Na<sup>+</sup> em relação à capacidade total de troca de cátions é obtida pela fórmula:  $PST = (Na^+/CTC \text{ potencial}) * 100$ . A relação de adsorção de sódio (RAS) é a relação entre as concentrações de Na<sup>+</sup> e as concentrações

dos íons divalentes  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$ , expressas em  $\text{mmol L}^{-1}$ , no extrato de saturação do solo e é calculada pela fórmula:  $\text{RAS} = [\text{Na}^+] / [(\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+})/2]^{1/2}$ .

## Capacidade de troca catiônica (CTC)

- A capacidade de troca catiônica (CTC) pode ser obtida por soma de bases, conforme a fórmula:  $\text{CTC} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ + \text{Na}^+ + \text{H} + \text{Al}$
- Valores maiores do que  $15 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  indicam presença de argila 2:1 na fração argila.
- Valores menores que  $5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$  indicam baixo teor de argila ou predominância de argila 1:1 como a caulinita.
- Em solos intemperizados como os dos Tabuleiros Costeiros, boa parte da CTC vem da matéria orgânica.
- A capacidade de troca catiônica é um dado a ser considerado no manejo da adubação. Em solos de baixa CTC o parcelamento do nitrogênio e do potássio é necessário para evitar perdas por lixiviação.

## Fósforo

- O teor de fósforo no solo é estimado pelo extrator Mehlich-1 que é uma mistura dos ácidos sulfúrico e clorídico.
- A interpretação dos teores de fósforo no solo estimados pelo Mehlich-1 tem que levar em consideração o teor de argila.
- O extrator Mehlich-1 é sensível ao teor de argila. Isso significa que em solos arenosos o nível crítico (valor acima do qual a probabilidade de resposta é baixa) é mais alto que em solos argilosos.
- Em solos argilosos, como o poder tampão é mais alto, o extrator é consumido e a capacidade de extrair fósforo diminui.

Na Tabela 3, é mostrada a relação entre os teores de argila e os níveis críticos de fósforo.

**Tabela 3.** Faixas para interpretação do teor de fósforo (P) no solo pelo Mehlich-1 em função do teor de argila.

Argila g kg <sup>-1</sup>	Classe textural	Classes de teores de P no solo		
		Baixo	Médio	Adequado
-----mg dm <sup>-3</sup> -----				
< 150	Arenosa	0- 10	10,1 – 20	> 20
150 - 350	Média	0 - 7	7,1 - 15	> 15
> 350 - < 600	Argilosa	0 - 4	4,1 - 8	> 8

Na Tabela 4, são mostrados os valores que são utilizados para interpretar resultados de análise de solo utilizando-se os métodos da rede Embrapa de Laboratórios.

**Tabela 4.** Valores baixos, médios e altos que são utilizados para interpretar resultados de análise de solo.

	Baixo	Médio	Alto
Matéria orgânica dag kg <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 – 3,0	> 3,0
pH	< 5,0	5,0 – 6,0	> 6,0
Al cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	< 0,5	0,5 – 1,0	> 1,0
Ca cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	< 1,6	1,6 – 3,0	> 3,0
Mg cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	< 0,4	0,4 – 1,0	> 1,0
K mg dm <sup>-3</sup>	< 30	30 - 60	> 60
CTC (efetiva) cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	< 2,0	2,0 – 4,0	> 4,0
CTC (pH 7,0) cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	< 5,0	5,0 – 15,0	> 15,0
Saturação por bases %	< 50,0	50,0 - 70,0	> 70,0
PST %	< 6,0	6-15	> 15,0
Saturação por Al%	< 30,0	30,0 – 50,0	> 50,0

Antes de iniciar a interpretação certifique-se que os métodos de análises utilizados são os mesmos que foram utilizados para confeccionar as tabelas de recomendação. Por exemplo: Um resultado da análise de fósforo efetuada pelo método da resina não pode ser interpretado com tabelas desenvolvidas para o Mehlich-1.

## Considerações finais

As recomendações de fertilizantes são feitas comparando-se os resultados encontrados com os índices utilizados para as diversas culturas. Na publicação *Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe*, cuja referência completa é encontrada neste guia, as citadas recomendações podem ser encontradas.

Recomendações de fertilizantes não são estáticas e mudam com os avanços genéticos das plantas cultivadas e com novas técnicas de fertilização visando a economicidade da adubação e a proteção do meio ambiente.

## Referências

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007a.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F. de; PRIETO, H. E.; NOVAIS, R. F. Fertilidade do solo e seu manejo em solos afetados por sais. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007b.

SOBRAL, L. F.; VIÉGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETO, M. C. V.; GOMES, J. B. V. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes no Estado de Sergipe**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2007. 251 p. v. 1.

**Embrapa**

---

*Tabuleiros Costeiros*

Ministério da  
**Agricultura, Pecuária  
e Abastecimento**

GOVERNO FEDERAL  
**BRASIL**  
PÁTRIA EDUCADORA