



**Universidade de São Paulo - USP**  
**Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA**  
**Análise de Solo e Planta – CEN 0409**



# **INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO**

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – [cahabreu@cena.usp.br](mailto:cahabreu@cena.usp.br)  
**Takashi Muraoka** – [muraoka@cena.usp.br](mailto:muraoka@cena.usp.br)

Estagiária PAE: **Dalila Lopes da Silva** – [dalila.ls@usp.br](mailto:dalila.ls@usp.br)  
Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – [jr.rocha@usp.br](mailto:jr.rocha@usp.br)

**Piracicaba – SP 20/04/2023**

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Tópicos da Aula

- **Importância da análise de solo**
- **Histórico**  
*Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*
- **Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo**
- **Métodos de análise de solo**  
*Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Bibliografias recomendadas

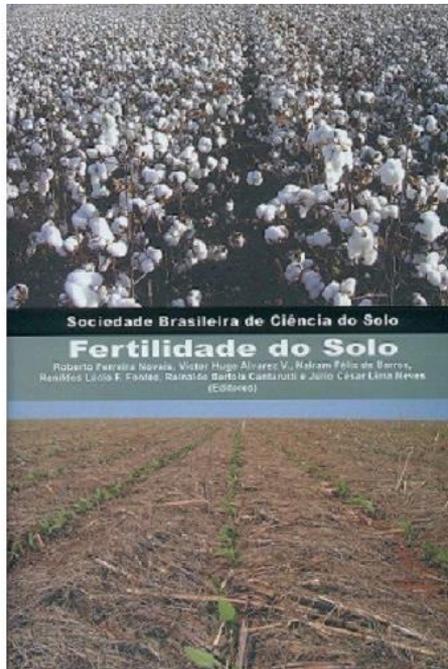
631.41 S546m2 e.1 12438

Biblioteca:  
CENA e ESALQ



631.42 F411 e.6 109408

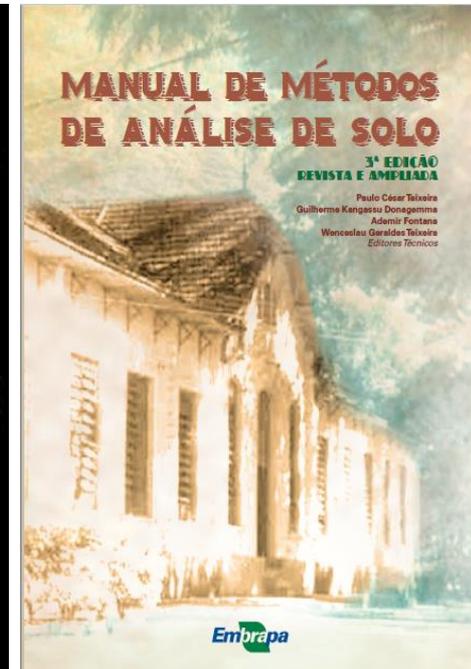
Biblioteca: ESALQ



631.452 A532 10009  
Biblioteca: CENA e ESALQ



Disponível para download  
no site da Embrapa



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## Importância da análise de solo

- A análise de solo, na agricultura moderna, é a atividade central do processo de correção do solo e adubação;
  - A análise química é o tipo de análise mais utilizada na agricultura;
  - A preocupação ambiental tem aumentado o interesse pela análise de solo, a fim de prevenir o excesso de nutrientes e metais pesados contaminando os recursos hídricos;
- (Raij et al., 2001)
- A análise do solo é o principal veículo de transferência de informações geradas pela pesquisa sobre adubação de culturas aos produtores.

(Silva e Raij, 1999)



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Histórico

### Talvez o protótipo das análises de solo:

*“... o solo salgado, e com acentuado sabor amargo (onde o milho não se desenvolve), irá dar prova de sua característica. Pegue do teto enfumaçado esteiras de vime e peneiras das prensas de vinho. Encha-os com terra de má qualidade, adicione água doce que brota da fonte e esteja certo de que toda a água irá drenar e grossas gotas passarão pelo vime. O seu gosto será o indício de sua qualidade e o amargor ao ser percebido será mostrado por um gesto de desagrado nos rostos dos provadores.”*



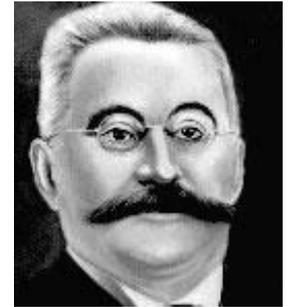
Públio Virgílio Maro  
Poeta romano clássico

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Histórico

### ☐ *Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*

✓ **1888** → Dr. Franz W. Dafert, primeiro diretor do IAC, trouxe para o Brasil a experiência europeia sobre análise de solo. Em 1892, o IAC já realizava análise de solo para cafeicultores paulistas;



Dr. Dafert

✓ **1895** → Foi publicado um dos primeiros trabalhos sobre fertilidade do solo no Brasil, intitulado “*Sobre estrumes nacionais*” (Dafert, 1985), que fornecia detalhes sobre a análise química de fertilizantes orgânicos.



IAC

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Histórico

□ *Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*

### ▪ Programa do IRI

- Um dos programas mais importantes envolvendo aspectos de fertilidade do solo no Brasil;
- Iniciado em 1950 pelo Instituto de Pesquisas IBEC (International Basic Economy Corporation), posteriormente denominado Instituto de Pesquisas IRI (Ibec Research Institute);

### Objetivos :

- Identificar as razões do declínio da produção de café em São Paulo e corrigi-las;
- Desenvolvimento inicial do uso das áreas de Cerrado.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Histórico

☐ *Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*

### ▪ **International Soil Fertility Evaluation and Improvement Project**

✓ Projeto assinado entre a North Carolina State University e a Agência Internacional de Desenvolvimento dos EUA (USAID) em 1963;

#### **Objetivos:**

- Documentar as necessidades em relação à fertilidade do solo e à aplicação de adubos com a finalidade de aumentar a produção agrícola na América Latina;
- Ajudar governos e agências que quisessem colaborar no desenvolvimento e manutenção de programas adequados de análise de solo.



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

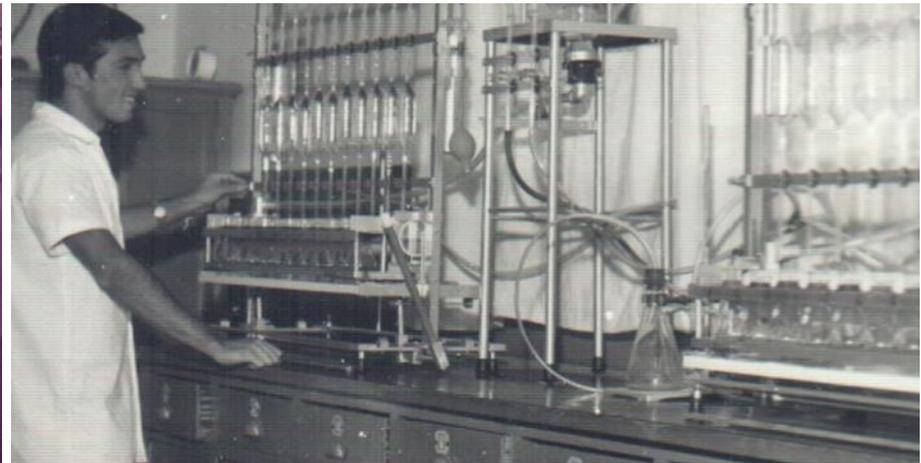
## ➤ Histórico

❑ *Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*



## ▪ International Soil Fertility Evaluation and Improvement Project

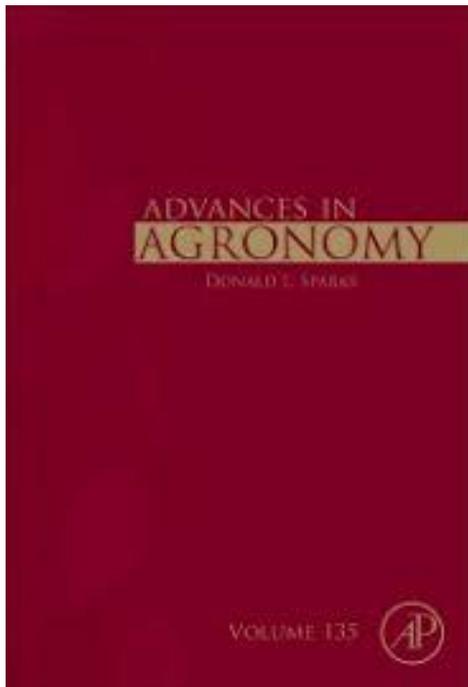
- ✓ Uma das maiores contribuições do convênio para o desenvolvimento das análises de solo foi a instalação de uma série de laboratórios com sistemas de pipetagem automática que permitiam realizar 150 amostras/dia.



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Histórico

- ❑ *Trabalhos pioneiros em fertilidade do solo e adubação*
- **International Soil Fertility Evaluation and Improvement Project**



## A Career Perspective on Soil Management in the Cerrado Region of Brazil

A.S. Lopes<sup>1</sup>, L.R. Guimarães Guilherme

Universidade Federal de Lavras, Lavras, Minas Gerais, Brazil

<sup>1</sup>Corresponding author. E-mail address: [ascheidl@dcs.ufla.br](mailto:ascheidl@dcs.ufla.br)

<https://www.youtube.com/watch?v=matv-ha9gJE>

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ☐ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

✓ Até a década de 1960 → o uso da análise de solo era limitado (menos de **20.000** amostras analisadas por ano);

✓ Metade da década de 1960

- Ministério da Agricultura  
(Instituto de Química Agrícola/Atual Embrapa Solos)

+

- Universidade da Carolina do Norte (EUA)



**Programa de análise de solo**

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

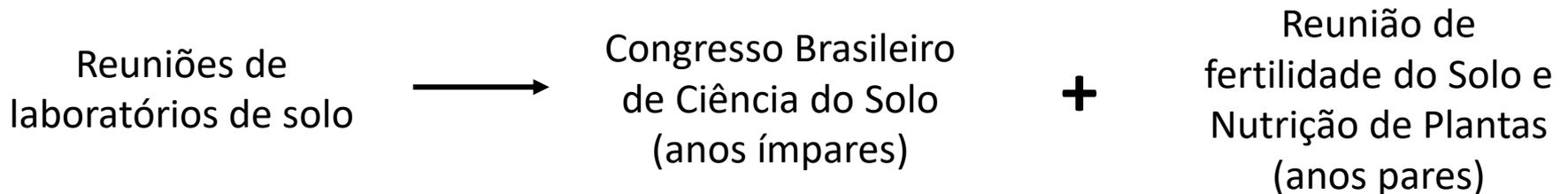
## ❑ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

- ✓ A evolução da análise de solo no Brasil coincidiu com rápida expansão no uso de fertilizantes e com período de acelerado progresso econômico;
- ✓ Neste período houve grande expansão do número de laboratórios devido ao programa de análise de solo;
  - Reuniões anuais do programa de laboratórios;
  - Publicações do programa que auxiliaram no nivelamento dos conceitos.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ❑ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

- ✓ Na década de 1980 as atividades interlaboratoriais de caráter nacional começaram a decair;
- ✓ Foram substituídos por programas regionais que são discutidos em eventos bianuais de fertilidade de solo:



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

- ❑ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*
- ✓ O número de amostras de solo analisadas por ano aumentou de cerca de **20.000** no início da década de **1960** para 400.000 no início de 1980, chegando a mais de **700.000** em **1989**. Em 2020, foram realizadas 2.113.519 de análises básica, pelos laboratórios participantes do ensaio de proficiência do IAC;
- ✓ O número de laboratórios atingiu mais de **167** em 1989, com uma participação crescente de laboratórios particulares (40% dos laboratórios e 48% das amostras analisadas em 1989). Em 2020, 141 laboratórios participaram do ensaio de proficiência do IAC;

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

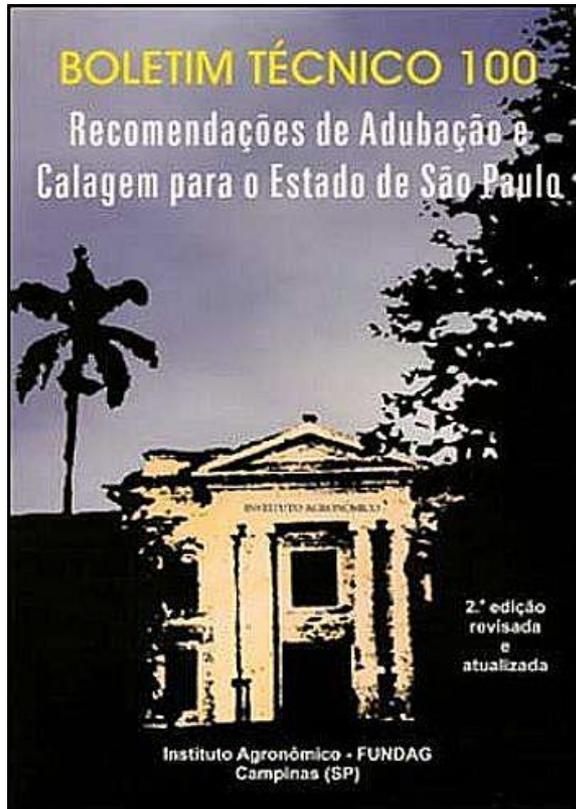
## □ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

**1983** → grande mudança na análise de solo em São Paulo:

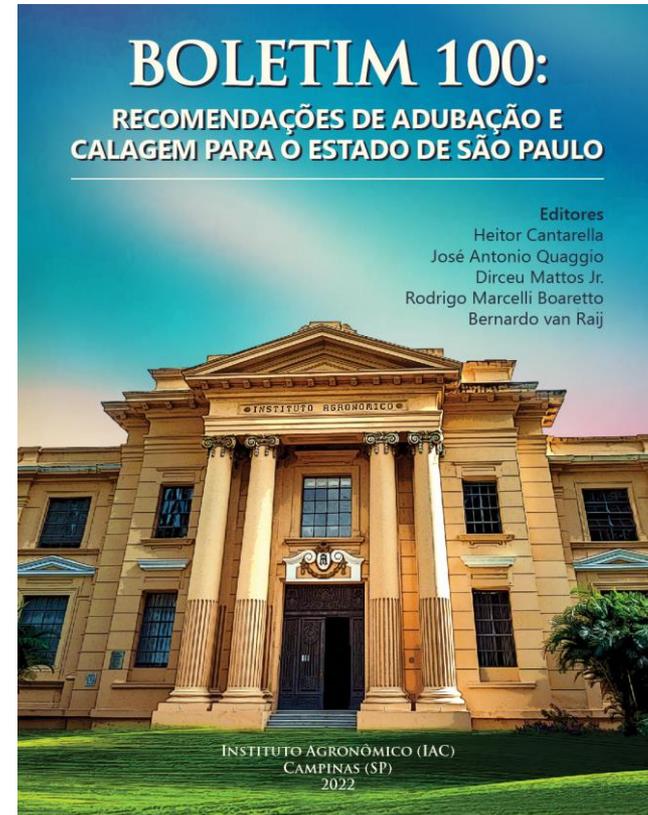
- ✓ Introdução de um método de extração com resina de troca iônica para P, K, Ca e Mg;
- ✓ Cálculo de calagem pelo método da elevação da saturação por bases conforme valores preestabelecidos para diferentes culturas;
- ✓ Dois anos depois houve uma atualização nas tabelas de recomendação de adubação e calagem para as culturas (Raij et al., 1985): “Boletim 100”.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## □ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*



1997



2022

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

□ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

**Consequência** → Aumento no número de amostras analisadas

Região	Amostras de solo analisadas (em milhares)				
	1972	1976	1981	1985	1989
Sul	117 (43 %)	128 (40 %)	161 (34 %)	187 (31 %)	204 (28 %)
<b>SP</b>	<b>95 (36 %)</b>	<b>102 (32 %)</b>	<b>101 (25 %)</b>	<b>165 (27 %)</b>	<b>255 (35 %)</b>
MG, RJ, ES e Centro-Oeste	19 (7 %)	51 (16 %)	85 (21 %)	179 (30 %)	198 (28 %)
Norte e Nordeste	36 (14 %)	40 (12 %)	82 (20 %)	71 (12 %)	62 (9 %)
Total	266	321	408	601	719

Adaptado de Raij et al. (1984) e Cantarella et al. (1995)

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## □ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

- Dentre os fatores que contribuíram para o aumento no número de amostras analisadas no estado de SP, destacam-se:

**1)** Introdução, na análise de rotina, de métodos aperfeiçoados para o cálculo da necessidade de calagem e de análise de P, proporcionando diagnóstico e recomendações de calagem e adubação de melhor qualidade para solos de regiões tropicais;

**2)** Desenvolvimento de equipamentos para o manuseio simultâneo de grande número de amostras, o que permitiu a imediata adoção do método da resina;

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ❑ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

- Dentre os fatores que contribuíram para o aumento no número de amostras analisadas no estado de SP , destacam-se:

**3)** Adoção de novos métodos de análise de solo em São Paulo e, também, por laboratórios de outros estados;

**4)** Realização de um programa interlaboratorial de análise de solo, focado nos novos métodos e buscando a melhoria dos resultados;

**5)** Ampla divulgação dos novos métodos de análise e das recomendações de adubação e calagem de culturas, principalmente com a publicação do “Boletim 100” (Raij et al., 1985);

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ❑ *Evolução da análise de solo no Brasil e em São Paulo*

**1996** → nova etapa na análise de solo em SP:

- ✓ Segunda edição do Boletim técnico 100 (Raij et al., 1996);
- ✓ Introdução das análises de micronutrientes na rotina;
- ✓ Para algumas culturas, diagnóstico da acidez do subsolo visando à recomendação de gessagem;
- ✓ Foram atualizadas as tabelas de adubação e calagem e ampliado o número de culturas contempladas;
- ✓ Para diversas culturas, a adubação passou a considerar a produtividade esperada.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ Em meados da década de 60, por influência do Programa Nacional de Análise de Solo, a maioria dos laboratórios adotava, praticamente os mesmos métodos:
- ✓  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{Al}^{3+}$  → extraídos com solução de KCl ( $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ );  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  determinados por titulação com EDTA e  $\text{Al}^{3+}$  por titulação com NaOH;
- ✓ P e  $\text{K}^{+}$  → Extraídos com Mehlich-1 ( $\text{HCl } 50 \text{ mmol L}^{-1} + \text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 12,5 \text{ mmol L}^{-1}$ ); P determinado por colorimetria e  $\text{K}^{+}$  determinado por fotometria de chama;
- ✓ Em SP, até 1982 foi utilizado  $\text{H}_2\text{SO}_4 \text{ } 25 \text{ mmol L}^{-1}$  como extrator de P (Catani et al., 1955);
- ✓ O pH determinado em água.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

☐ Entre 1983 e 1996 foram introduzidas as seguintes alterações na análise de solo de rotina em SP:

- 1) Determinação de pH em solução  $0,01 \text{ mol L}^{-1}$  de  $\text{CaCl}_2$ ;
- 2) Determinação da acidez total do solo por meio do tampão SMP (Soil pH-Moisture);
- 3) Cálculo da NC com o objetivo de elevar a saturação por bases do solo a valores preestabelecidos por cultura;
- 4) Extração de P, K, Ca e Mg com resina de troca iônica;
- 5) Extração de B com água quente e de Cu, Fe, Mn e Zn com DTPA

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ✓ **Eficácia** → A análise de solo precisa ter um embasamento científico adequado.

(Raij et al., 2001)

- ✓ O sucesso na análise de solo depende da qualidade e da quantidade das pesquisas sobre os métodos utilizados, de sua calibração e interpretação, da organização das informações e dos laboratórios de análise.



(Peck e Soltanpour, 1990)

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ✓ Mesmo com as mudanças citadas, o Brasil organizou um sistema de análise de solo com pouca variação metodológica em comparação a outros países

- ✓ Embora a uniformidade metodológica seja um fator importante, para facilitar a comunicação científica e técnica, essa busca por uniformidade não deve impedir o progresso e a adoção de alternativas substancialmente melhores, de acordo com características regionais dos solos.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*
- Os laboratórios que se dedicam à execução de análises de solo devem apresentar confiabilidade nos seus resultados.



Seção IV da SBCS → Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas  
DIVISÃO 3 – USO E MANEJO DO SOLO  
COMISSÃO 3.1 – Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas

- ROLAS (RS e SC)
- SISTEMA IAC
- PROFERT – MG
- CELA – PR
- PAQLF – Diversos estados (Método Embrapa)



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo**

**Embrapa**

**Solos**

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

**ROLAS** - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina

Número de amostras analisadas em cada ano por todos os laboratórios da ROLAS:

Ano	Solo		Tecido	Fertilizantes	Calcário
	Básica	Micronutrientes			
2019	339735	234677	8988	3318	707
2020	247138	169485	8436	4327	718
2021	167988	155448	3948	888	192
TOTAL NO PERÍODO	754861	559610	21372	8533	1617
Total geral de análises no período: 1345993					



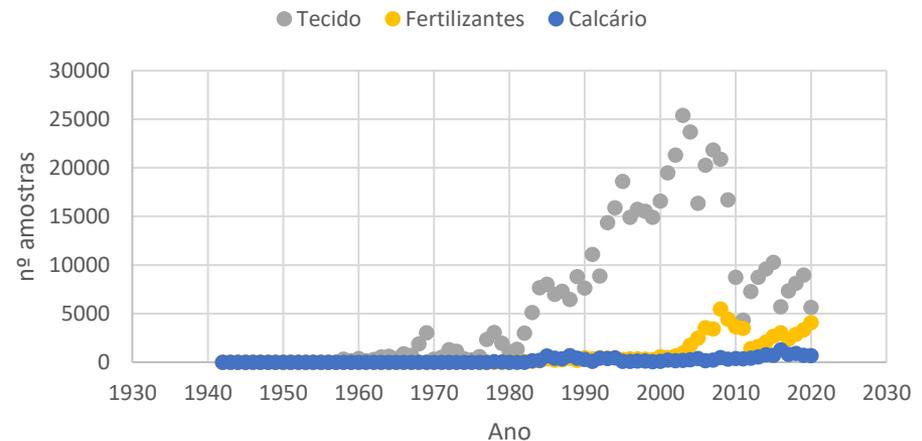
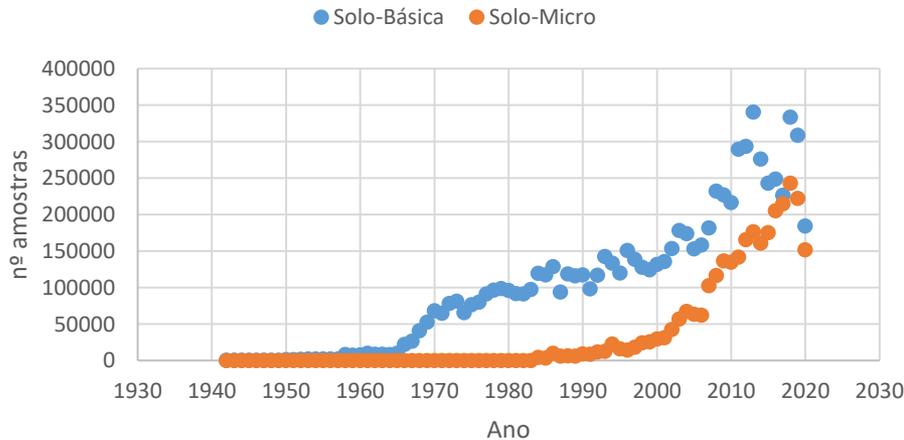
**37 laboratórios**  
cadastrados em 2022

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

**ROLAS** - Rede Oficial de Laboratórios de Análise de Solo e de Tecido Vegetal dos Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

**PROFERT**

Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solo de Minas Gerais



**57 laboratórios**  
cadastrados

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

CELA - Comissão Estadual de Laboratórios de Análises Agronômicas (CELA-PR)

**39 laboratórios  
associados**



**300.000 análises/ano**



**Sociedade Brasileira de  
Ciência do Solo  
Núcleo Estadual Paraná**

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*



Programa de Análise de Qualidade de  
Laboratórios de Fertilidade da Embrapa

**140 laboratórios**  
de todo o Brasil

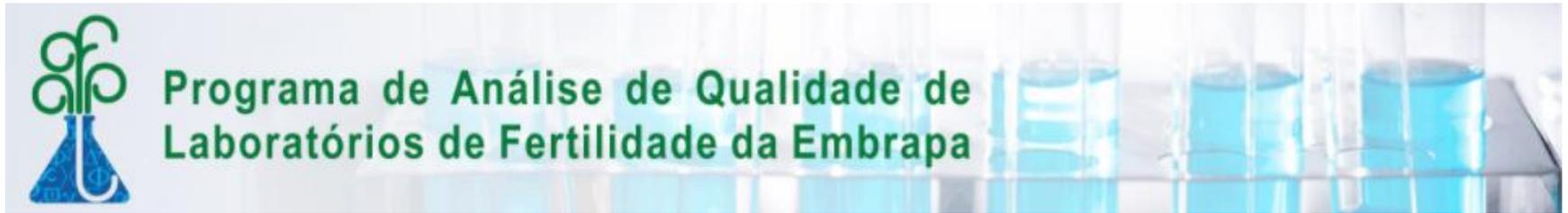


Extração de P e K<sup>+</sup> com a solução Mehlich-1;  
Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e Al<sup>3+</sup> com o KCl 1M;  
pH em água;  
matéria orgânica pelo método colorimétrico,  
calibrado com o método Walkey-Black modificado.

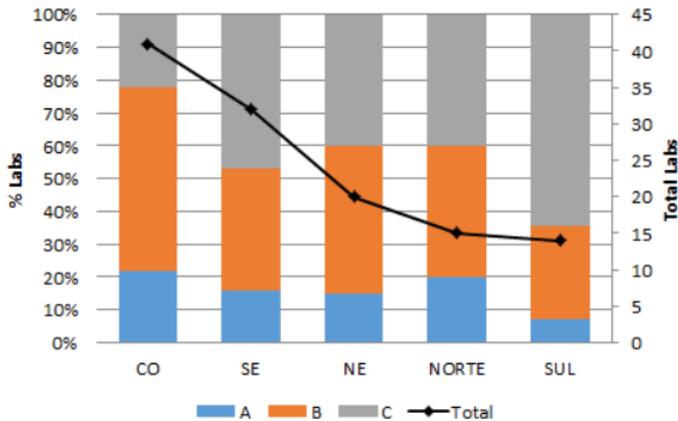
# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

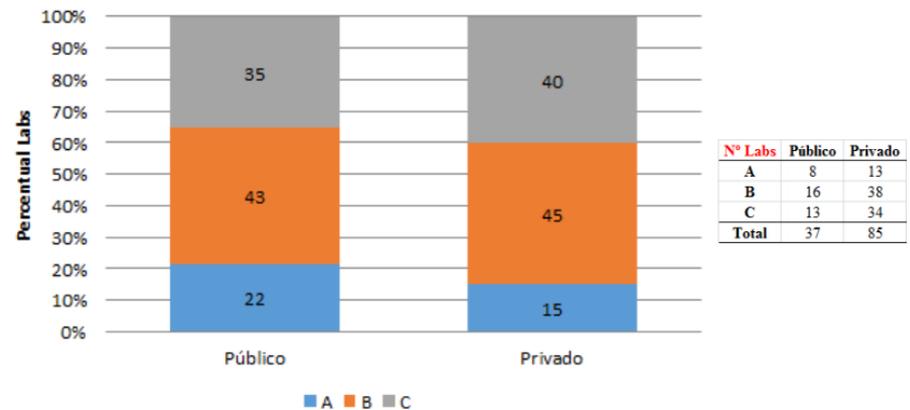


### PAQLF 2018-2019



PAQLF 2018/2019	
Região	Nº Lab
CO	41
NE	20
Norte	15
SE	32
Sul	14
Total	122

### Público x Privado



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

## Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análises de Solos

home e-mail

<b>Início</b>	<p>Em operação desde 1984, o Ensaio de Proficiência IAC permite que laboratórios de análise para fins agrícolas afirmem seus resultados nos seguintes conjuntos analíticos:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>-Análise básica de solo para recomendação de adubação e calagem</li><li>-Análise de micronutrientes em solos</li><li>-Análise granulométrica em solos</li></ul> <p>-----</p> <p>A análise de solo é a análise química mais utilizada na agricultura no mundo todo. Ela permite não apenas orientar as práticas de adubação e calagem, mas também monitorar a disponibilidade de nutrientes ou a presença de elementos tóxicos em excesso, que possam causar danos às plantas e ao ambiente. Para que o agricultor tenha acesso a um serviço mais confiável, o IAC realiza, desde 1984, um Programa Interlaboratorial, do qual participam quase 136 instituições, visando a melhoria da qualidade dos serviços de análise do solo oferecidos por laboratórios públicos e privados. Assim, a análise de solo, por trazer grandes benefícios a um baixo custo, deve fazer parte das práticas dos bons agricultores.</p>	<b>Avisos</b>
<b>Sobre o Programa</b> ▶		<a href="#">23/03/2022 - COBRANÇA DE ANUIDADES 2022</a>
<b>Ensaios Disponíveis</b> ▶		<a href="#">23/03/2022 - SENHAS 2022 ENVIADAS</a>
<b>Laboratórios Participantes</b>		<a href="#">23/03/2022 - Palestras da Reunião Anual de 2022 estão disponíveis pelo YouTube</a>
<b>Publicações</b>		<a href="#">23/03/2022 - Data para envio de resultados: 15 de abril de 2022</a>
<b>Entrada de Dados</b>		
<b>Cronograma Envio de dados</b>		
<b>Reuniões Anuais</b>		
<b>Fale Conosco</b>		

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

### Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análises de Solos

**Análises básicas:** MO, pH, H+Al, P, K, Ca, Mg, Al e S-SO42-

**Micronutrientes:** B, Cu, Fe, Mn e Zn

**Granulometria:** argila, silte e areia (ou areia fina e areia grossa).

Métodos de análise de solo usados no Ensaio

Para as **Análises básicas** são definidos os seguintes métodos:

M.O. Walkley Black

pH em CaCl2

H+Al: tampão SMP ou extração com acetato de cálcio

P: resina de troca iônica

Ca, Mg e K: resina de troca iônica ou outro extrator que determina teores trocáveis

Al: KCl

S-SO42-: fosfato de cálcio

**Micronutrientes:**

B: água quente

Cu, Fe, Mn e Zn: DTPA

**Novidade a partir de 2021:**

Análise de enzimas em solo



Os Selos do Programa são trocados anualmente. O conjunto analítico listado no selo é referente ao desempenho do laboratório o Ensaio de Proficiência no ano anterior.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

- ❑ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*



### BioAS – Tecnologia de Bioanálise de Solo



Foto: Bastos, Fabiano

O ativo BioAS é uma tecnologia que agrega o componente biológico às análises de rotina de solos. Consiste na análise das enzimas arilsulfatase e beta-glicosidase, associadas aos ciclos do enxofre e do carbono, respectivamente. Por estarem relacionadas, direta ou indiretamente, ao potencial produtivo e à sustentabilidade do uso do solo, essas enzimas funcionam como bioindicadores e ajudam a avaliar a saúde dos solos. A tecnologia BioAS também envolve o cálculo de *Índices de Qualidade de Solo (IQS)*, calculados com base nas propriedades químicas e biológicas em conjunto (IQSFertbio) e separadamente (IQSBio e IQSQuim). Trata-se de uma inovação que está alinhada ao objetivo de viabilizar tecnologias que

promovam a sustentabilidade das atividades agrícolas com o equilíbrio ambiental. Até recentemente, a presença de bioindicadores que ajudassem a avaliar a saúde dos solos ainda não fazia parte das rotinas de análises de solo. Essa

#### CONTEÚDO RELACIONADO

##### Projetos

[Ver mais](#)



Bioindicadores para avaliação da qualidade de solos nos agroecossistemas brasileiros – Fase IV: ampliação das bioanálises



# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

### ☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*



SECRETARIA DA AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
INSTITUTO AGRÔNOMO  
Centro de Solos e Recursos Ambientais  
Av. Barão de Itapura, 1.481- CEP 13020-902 Campinas, SP, Brasil

#### **Determinação da atividade de enzimas em solos**

**A.P.D. Silveira, M.F. Abreu, H. Cantarella e F.C.B. Zambrosi**  
Centro de Solos e Recursos Ambientais – IAC

#### **Por que analisar enzimas em solos?**

A atividade de enzimas serve como bioindicador da qualidade do solo e o interesse na sua determinação vem de várias décadas. Contudo, devido à dificuldade de interpretar os resultados, em função dos vários fatores que afetam a atividade enzimática, essas determinações estavam restritas a trabalhos de pesquisa ou avaliações para fins específicos. Recentemente, pesquisadores da Embrapa desenvolveram estudos para a interpretação dos resultados em alguns solos brasileiros, calibrando-os com estudos de fertilidade do solo de longa duração. Essas pesquisas mostraram que é possível estender a interpretação dos resultados para amostras secas ao ar e, que a atividade enzimática determinada desse modo é um indicador importante do componente biológico da fertilidade do solo. Essas determinações podem ser feitas em laboratórios de análise de solo de rotina. A Embrapa desenvolveu o BioAS – Tecnologia de Bioanálise de Solo, lançado em 2020 (EMBRAPA, 2020), englobando as determinações das atividades das enzimas arilsulfatase e  $\beta$ -glicosidase, as quais estão associadas aos ciclos de enxofre e do carbono no solo, respectivamente. As análises das atividades dessas enzimas têm sido combinadas com algumas determinações de fertilidade do solo e textura para o cálculo do Índice de Qualidade do Solo (IQS) (Mendes et al., 2018).

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

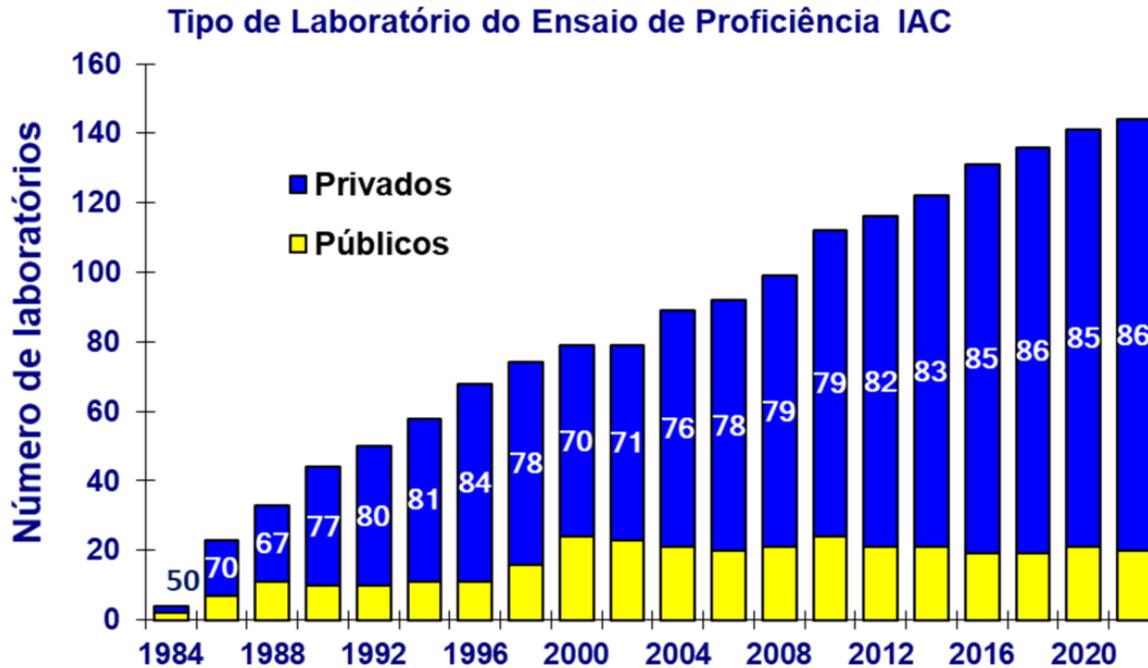
## ➤ Métodos de análise de solo

☐ *Programas interlaboratoriais de controle de qualidade de análise de solos*

Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análises de Solos			
 home			 e-mail
Início	Publicações		
Sobre o Programa ▶	Publicações	Venda	Downloads
Ensaio Disponível ▶	- <a href="#">Análise Química para Avaliação da Fertilidade de Solos Tropicais</a>	Esgotado	<a href="#">clique aqui</a>
Laboratórios Participantes	- <a href="#">Boletim 100</a>	Aguarde nova edição	
Publicações	- Método da resina de troca iônica para a avaliação da fertilidade dos solos tropicais Dr. José A. Quaggio e Dr Fernando C. B. Zambrosi	-	<a href="#">clique aqui</a>
Entrada de Dados	- Nota sobre Frações Granulométricas e o Ensaio de Proficiência	-	<a href="#">clique aqui</a>
Cronograma Envio de dados	- Tratamento de Resíduos	-	<a href="#">clique aqui</a>
Reuniões Anuais	- Porque usar resina	-	<a href="#">clique aqui</a>
Fale Conosco	- Problemas na determinação do Mn - Mônica F Abreu, Fernando Zambrosi e Renata Presta	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Resultados médios 2019 (537-556)	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Resultados médios 2020 (557-576)	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Relatório Anual 2020 (referente dados 2019)	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Métodos de Análises Físicas IAC 2021 Versão II	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Reunião Anual 2020/21 - Relatório de Proficiência IAC para Laboratórios de Solo para Fins Agrícolas	-	<a href="#">clique aqui</a>
	- Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Solo para Fins Agrícolas Relatório Ano 2021/22	-	<a href="#">clique aqui</a>

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo



Estado ou país de origem	Número de laboratórios	% do total
<b>SP</b>	<b>69</b>	<b>48</b>
MG	23	16
MT	14	10
GO	7	5
PR	5	3
MS	5	3
TO	4	3
RS	3	2
BA	2	1
RO	2	1
PE	2	1
PA	2	1
ES	1	1
MA	1	1
SC	1	1
URUGUAI	1	1
PARAGUAI	1	1
ANGOLA	1	1
<b>TOTAL</b>	<b>144</b>	<b>100</b>

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

### ☐ *Programas de Proficiência de análise de solos*

## Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Análises de Solos

*Quadro 3.A. Número de amostras analisadas pelos laboratórios participantes do EP em 2021  
Dados parciais (apenas parte dos laboratórios reportaram os dados)*

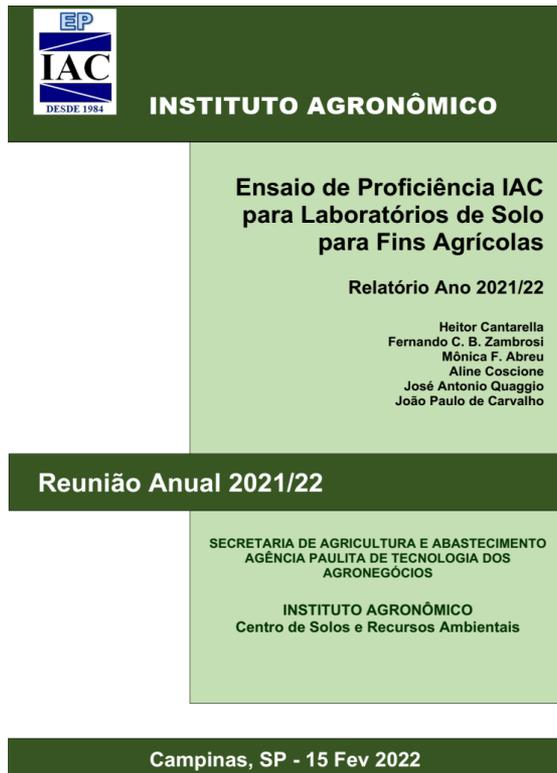
Análises básicas	Micronutrientes	Granulometria
2.802.137	917.168	883.850
Número de laboratórios que informaram		
99	84	90

\* Estes dados são parciais e baseados em laboratórios que enviaram as informações

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Métodos de análise de solo

### ☐ *Programas de Proficiência de análise de solos*



The image shows the cover of a report from the Instituto Agrônomo de Campinas (IAC). The top section is dark green with the IAC logo (EP, IAC, DESDE 1984) and the text 'INSTITUTO AGRÔNOMICO'. Below this, on a light green background, is the title 'Ensaio de Proficiência IAC para Laboratórios de Solo para Fins Agrícolas' and 'Relatório Ano 2021/22'. The authors listed are Heitor Cantarella, Fernando C. B. Zambrosi, Mônica F. Abreu, Aline Coscione, José Antonio Quaggio, and João Paulo de Carvalho. A dark green bar at the bottom left says 'Reunião Anual 2021/22'. The bottom right of the cover has the text: 'SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO, AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS AGRONEGÓCIOS, INSTITUTO AGRÔNOMICO, Centro de Solos e Recursos Ambientais'. At the very bottom, a dark green bar says 'Campinas, SP - 15 Fev 2022'.

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO  
SECRETARIA DE AGRICULTURA E ABASTECIMENTO  
COORDENADORIA DA PESQUISA AGROPECUÁRIA  
INSTITUTO AGRÔNOMICO

BOLETIM TÉCNICO, 106

---

---

**Métodos de Análise Química, Mineralógica e Física de Solos  
do Instituto Agrônomo de Campinas**

*O. A. de CAMARGO*  
*A.C. MONIZ*  
*J. A. JORGE*  
*J. M. A. S. VALADARES*

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

Determinação	Métodos do Programa				
	IAC	ROLAS <sup>1</sup>	CELA <sup>2</sup>	PROFERT	PAQLF <sup>3</sup>
MO <sup>4</sup>	WB (col.)	WB	WB	WB (col.)	WB (col.)
 pH	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	CaCl <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Al	KCl	KCl	KCl	KCl	KCl
H + Al	SMP	SMP	SMP	Acetato/SMP	Acetato/SMP
Índice SMP	nd <sup>5</sup>	sim	nd	nd	nd
 P	Resina	Mehlich-1	Mehlich-1	Mehlich-1	Mehlich-1
K	Resina	Mehlich-1	Mehlich-1	Mehlich-1	Mehlich-1
Ca	Resina	KCl	KCl	KCl	KCl
Mg	Resina	KCl	KCl	KCl	KCl
S-sulfato	Fosfato monocálcico	Fosfato monocálcico	Fosfato monocálcico	nd	nd
 B	Água quente	-	Água quente	nd	Água quente
Cu,Fe,Mn,Zn	DTPA	-	Mehlich-1	nd	Mehlich-1
Granulometria	Pipeta ou densimetria	Densimetria	nd	nd	nd

<sup>1</sup> ROLAS só avalia as análises básicas, mas tem métodos definidos para S (fosfato monocálcico), B (água quente), Cu e Zn (HCl 0,1 mol/L); Mn (KCl 1 mol/L) e Fe amorfo (oxalato de amônio 0,1 mol/L pH 3). Em 2001 o S e os micronutrientes serão avaliados em caráter experimental. Apenas a argila é determinada na análise granulométrica.

<sup>2</sup> CELA passou a acompanhar a análise de S e de micronutrientes em 2001.

<sup>3</sup> PAQLF passou a realizar análise de micronutrientes em 2000, como determinação opcional.

<sup>4</sup> Método de Walkley Black, por titulação ou colorimétrico (col.)

<sup>5</sup> nd: análise não avaliada pelo programa interlaboratorial

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

Programas regionais	Básicas	Micronutrientes	Outras
Material vegetal	N, P, K, Ca, Mg, S	B, Cu, Fe, Mn, Zn	Al, Na, Cl, Mo, K <sup>+</sup> , NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> , SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>
ROLAS	Argila, pH, pH <sub>SMP</sub> , P, K, Matéria orgânica, Al, Ca, Mg	B, Cu, Fe, Mn, Zn <sup>1</sup>	S <sup>(1)</sup>
CELA	pH, Al, H+Al, Ca+Mg, Ca, K, P, C, S	B, Cu, Fe, Mn, Zn <sup>1</sup>	
IAC	pH, H+Al, P <sub>resina</sub> , K, Ca, Mg, Matéria orgânica	B, Cu, Fe, Mn, Zn	Enzimas
PROFERT	pH, Al, P, K, Ca, Mg, Matéria orgânica	B, Cu, Fe, Mn, Zn	Al, S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , granulometria P-remanescente (Prem) <sup>(2)</sup>
PAQLF	pH, H+Al, Al, P, K, Ca, Mg, Matéria orgânica		

<sup>(1)</sup> ROLAS e CELA passaram em 2001 a avaliar S e micronutrientes, em caráter experimental. <sup>(2)</sup> Caracteriza o fator capacidade do solo, introduzido a partir de 1999 com a publicação da quinta aproximação da Recomendação de Uso de Fertilizantes e Corretivos para MG.

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Unidades

Programas regionais	MO ou C	P	K	Ca, Mg, Al, H+Al	Granulometria
PAQLF	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	-
PROFERT	dag/kg	mg/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	% ou g/kg
IAC	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	g/kg
CELA	g/dm <sup>3</sup>	mg/dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	-
ROLAS <sup>1</sup>	% (m/v)	mg/L	mg/L	cmol <sub>c</sub> /L	% (m/v)

<sup>1</sup>ROLAS passou a adotar, a partir de 2001, as unidades g/dm<sup>3</sup> para MO e argila, mg/dm<sup>3</sup> para P e K e mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup> para Al, Ca, Mg e H+Al

g dm<sup>-3</sup>    mg dm<sup>-3</sup>    mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>    cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>    mg L<sup>-1</sup>

## ➤ Valores Calculados

$$V = 100 \text{ SB/CTC} \quad (\%)$$

$$\text{SB} = \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^+ \quad (\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}, \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3})$$

$$\text{CTC} = \text{SB} + \text{H}^+ + \text{Al}^{3+} \quad (\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}, \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3})$$

$$m = 100 \text{ Al}^{3+} / \text{SB} + \text{Al}^{3+} \quad (\%)$$

# INTRODUÇÃO À ANÁLISE DE SOLO

## ➤ Fatores para conversão de unidades antigas em unidades do Sistema Internacional de Unidades.

Unidade Antiga (A)	Unidade Nova (N) $N = A \times F$	Fator de conversão (F)
%	g/kg, g/dm <sup>3</sup> , g/L	10
ppm	mg/kg, mg/dm <sup>3</sup> , mg/L	1
meq/ 100 cm <sup>3</sup>	mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	10
meq/ 100 g	mmol <sub>c</sub> /kg	10
meq/L	mmol <sub>c</sub> /L	1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	P	0,437
K <sub>2</sub> O	K	0,830
CaO	Ca	0,715
MgO	Mg	0,602
mmho/cm	dS/m	1



**Universidade de São Paulo - USP**  
**Centro de Energia Nuclear na Agricultura – CENA**  
**Análise de Solo e Planta – CEN 0409**



***Obrigado!***

***Perguntas?***

Professores: **Cassio Hamilton Abreu Junior** – [cahabreu@cena.usp.br](mailto:cahabreu@cena.usp.br)  
**Takashi Muraoka** – [muraoka@cena.usp.br](mailto:muraoka@cena.usp.br)

Estagiário PAE: **Dalila Lopes da Silva** – [dalila.ls@usp.br](mailto:dalila.ls@usp.br)

Supervisor: **Juan Ricardo Rocha** – [jr.rocha@usp.br](mailto:jr.rocha@usp.br)