

03726  
CPAC  
1982  
ex. 2  
FL-03726

**Circular Técnica**

JULHO, 1982

Número 10

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA  
FERTILIDADE DO SOLO**



**EMBRAPA**  
**CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS**

Métodos de avaliação da

1982

FL - 03726



29760-2

**MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA  
FERTILIDADE DO SOLO**

*Léo Nobre de Miranda*



**EMBRAPA**  
**CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DOS CERRADOS**  
Planaltina – DF

Exemplares deste documento devem ser solicitados ao:

CPAC  
BR 020 - km 18 - Rodovia Brasília-Fortaleza  
Caixa Postal, 70-0023  
73.300 — Planaltina — DF.

*Miranda, Léo Nobre de*  
*Métodos de avaliação da fertilidade do solo. Planaltina, EM-*  
*BRAPA-CPAC, 1982.*  
*15 p. (EMBRAPA-CPAC. Circular Técnica, 10).*  
*1. Solos - Fertilidade - Análise. 2. Solos - Análise -*  
*Métodos. I. Título. II. Série.*

CDD - 631.422

© EMBRAPA, 1982

## SUMÁRIO

---

<i>Sintomas visuais de deficiência</i>	5
<i>Experimento de campo</i>	6
<i>Pesquisas em casa de vegetação</i>	6
<i>Análises microbiológicas</i>	6
<i>Análises de tecido</i>	7
<i>Análises químicas de solo</i>	7
<i>Amostragem</i>	7
<i>Extração e determinação dos nutrientes</i>	8
<i>Interpretação dos resultados</i>	8
<i>Recomendação de adubação</i>	12
<i>Bibliografia consultada</i>	15

# MÉTODOS DE AVALIAÇÃO DA FERTILIDADE DO SOLO<sup>1</sup>

Léo Nobre de Miranda<sup>2</sup>

São vários os métodos de avaliação da disponibilidade dos nutrientes no solo para as plantas. Todos apresentam vantagens e desvantagens, dependendo do propósito da avaliação, e a escolha de um depende da precisão exigida e de sua praticabilidade. Frequentemente emprega-se uma combinação de métodos para se obter a melhor base de interpretação. Os mais empregados são:

- 1) SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA
- 2) EXPERIMENTO DE CAMPO
- 3) PESQUISAS EM CASA DE VEGETAÇÃO
- 4) ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS
- 5) ANÁLISES DE TECIDO
- 6) ANÁLISES QUÍMICAS DE SOLO.

---

## 1. SINTOMAS VISUAIS DE DEFICIÊNCIA

A deficiência de nutrientes desenvolve normalmente nas plantas sintomas visuais típicos. Contudo, entre as plantas cultivadas, algumas são melhores indicadoras da deficiência de nutrientes que outras. O milho, por exemplo, apresenta sintomas bem característicos da deficiência de N, P, K e Zn. Por outro lado, alguns nutrientes essenciais não produzem nas plantas sintomas de deficiência claramente identificáveis, como frequentemente ocorre com P e micronutrientes.

1 Palestra proferida, II SECITAP – Semana de Ciência e Tecnologia Agropecuária de Jaboticabal, 9 a 14/05/77, publicada em 1979 como Publicação Avulsa, nº 6.

2 Pesquisador da EMBRAPA-CPAC – Brasília, DF.

Os sintomas de deficiência de nutrientes podem ser ainda confundidos com sintomas de doenças e de toxidez e, quando se evidenciam, o grau de disponibilidade do nutriente está tão baixo que, normalmente, já produziu grandes prejuízos no desenvolvimento da cultura.

Este método pode ser usado como diagnose para detectar regiões de deficiência de um determinado nutriente. Não se presta para culturas anuais. O seu emprego prático restringe-se quase que apenas para culturas perenes.

---

## 2. EXPERIMENTO DE CAMPO

É o método ideal para a avaliação da disponibilidade de nutrientes no solo. Pelo emprego de diferentes níveis de nutrientes observam-se os efeitos isolados de cada nutriente e suas interações, sob condições atuais de manejo e de fatores climáticos. Contudo, este método é dispendioso e exige pessoal especializado para supervisioná-lo.

É empregado freqüentemente na determinação de ações individuais e interações dos nutrientes em um solo ou grupo de solos e para calibração dos métodos de análise química de solo e de análise de tecido foliar.

A sua maior limitação é a de que as informações são válidas para determinado nível de manejo e nas condições climáticas em que se realiza o experimento, ou seja, para a cultura, o solo e o ano em que foi cultivado.

---

## 3. PESQUISAS EM CASA DE VEGETAÇÃO

As pesquisas em casa de vegetação, pelo cultivo de plantas em vasos, permitem que se trabalhe com quantidade maior de solos, com tempo de duração reduzido (2 a 8 semanas). Podem ser executadas em qualquer época do ano e permitem o controle de fatores como: temperatura, umidade do solo e do ar, luz, etc.

Por outro lado, é necessário um grande número de tratamentos e a remoção das amostras modifica algumas propriedades do solo, como estrutura e aeração, e, ainda, o menor volume de solo influi no desenvolvimento radicular.

As pesquisas em casa de vegetação são realizadas para reconhecimento e seleção de problemas dos solos, principalmente em áreas novas com pouca ou nenhuma informação. São também realizadas em programas de adubação baseados em análises de solo e nos estudos de correlação, para a escolha dos métodos de análise de solo mais adequados.

---

## 4. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

Empregam-se os mesmos princípios dos estudos em casa de vegetação, mas, faz-se a avaliação da absorção de nutrientes por microrganismos. Os microrganismos mais empregados são: *Azotobacter*, para P e K, *Aspergillus niger*, para P, K, S e micronutrientes, e *Cunninghamella*, para P. Os microrganismos são desenvolvidos em meio de cultura, por um período de 4 a 10 dias. Colocam-se todos os nutrientes essenciais, menos o que está em estudo. Contudo, o meio de cultura empregado pode sofrer mudanças contínuas de pH, limitando a interpretação dos resultados.

## 5. ANÁLISES DE TECIDO

Este método constitui-se na determinação química do teor total dos nutrientes do tecido vegetal. Pode detectar a deficiência antes do surgimento do sintoma visual. Contudo, devem-se tomar algumas precauções na interpretação dos dados de análise foliar, pois a concentração dos nutrientes varia com a espécie, a idade da planta, o estágio de crescimento e com a parte analisada da planta. O método deve ser calibrado para cada cultura e mesmo para variedades de uma mesma espécie.

As análises de tecido têm maior aplicação nas plantas perenes, em que se poderão corrigir as deficiências identificadas. São empregadas em pesquisas básicas, para identificação de mecanismos de absorção de nutrientes e para determinação da eficiência dos programas de fertilidade, baseados em análise de solo.

## 6. ANÁLISES QUÍMICAS DE SOLO

São mais empregadas para avaliar a fertilidade do solo e determinar as necessidades de nutrientes das plantas. Suas principais vantagens são: 1) pode ser feita rapidamente, permitindo analisar uma grande quantidade de amostras, em tempo razoavelmente curto; 2) podem ser feitas em qualquer época do ano; 3) são relativamente baratas e oferecem boa precisão nas determinações; 4) a padronização dos métodos de análise química permite a necessária repetibilidade das determinações dos nutrientes do solo.

Os dados de análise química do solo servirão de base para recomendação de adubação, englobando as seguintes fases:

1. Amostragem de Solo
2. Extração e Determinação dos Nutrientes
3. Interpretação dos Resultados: Correlação  
Calibração
4. Recomendação de Adubação

### 6.1. Amostragem

Os solos são corpos heterogêneos porque seus fatores de formação variam de local para local e dentro do mesmo local, imprimindo-lhes características diferenciais que devem ser consideradas na amostragem. A amostra representativa é a que melhor reflete as condições de fertilidade da área em que foi coletada. A quantidade de solo a ser usada na análise é de apenas 10 gramas por cada amostra. Ressalta-se, por isso, a necessidade de se coletarem amostras de fato representativas de cada área amostrada.

<u>Peso médio de camada arável de um hectare</u>	<u>Peso médio da amostra enviada ao laboratório</u>	<u>Peso da amostra analisada no laboratório</u>
2.000.000 kg	0,5 kg	0,01 kg

Se, em virtude de uma amostragem inadequada, a análise química acusar valores de disponibilidade de nutrientes mais altos que o real, as indicações de adubação serão insuficientes. Se, ao contrário, acusar valores mais baixos, a quantidade de adubo recomendada será excessiva.

## 6.2. Extração e Determinação dos Nutrientes

Os métodos de avaliação da disponibilidade de nutrientes no solo foram desenvolvidos empiricamente, baseados na idéia de extrair um teor de cada nutriente, proporcional à quantidade que a planta absorveria do solo. Consistem em adicionar ao solo uma solução extratora, determinando-se posteriormente o teor do nutriente nesta solução.

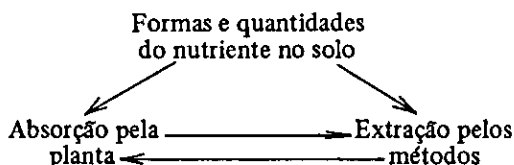
## 6.3. Interpretação dos Resultados

A quantidade dos nutrientes disponíveis no solo e absorvidos pelas plantas em crescimento pode ser completamente diferente da extraída por um método de análise. O modo, pelo qual as plantas extraem nutrientes do solo, difere consideravelmente daquele em que os extratores químicos atuam. Somente a planta é capaz de determinar a quantidade disponível de um nutriente. Diferenças mineralógicas e outras podem influenciar o crescimento das plantas e, ao mesmo tempo, não ter nenhum efeito sobre os valores de uma análise química.

Para se identificar um extrator químico, que meça com precisão a disponibilidade de um nutriente para as plantas, seria necessário conhecer: 1) as formas e a quantidade do nutriente no solo; 2) o modo pelo qual as plantas extraem o nutriente do solo; 3) as formas do nutriente que contribuem para o suprimento das plantas; 4) as formas e a quantidade do nutriente que um determinado método químico pode extrair. Como ainda não se dispõe desses dados, a precisão de um método de análise é determinada pela correlação dos valores, apontados pelo método, com a absorção do nutriente por plantas cultivadas em vasos.

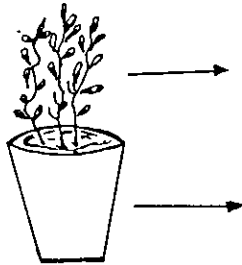
### 6.3.1. Correlação

Faz-se o relacionamento entre a quantidade do nutriente absorvida pelas plantas e a extraída pelos diferentes métodos químicos, com a finalidade de selecionar o método que mais se adapte à situação particular do solo.



Os estudos de correção são efetuados em casa de vegetação, pois esta permite o trabalho sob condições controladas e a utilização de um grande número de solos e tratamentos.





Teor do nutriente  
na matéria seca = absorção

análise química = extração

De posse desses resultados, fazem-se um gráfico de dispersão de pontos e análise estatística, para determinar o coeficiente de correlação.

Exemplos de estudos de correlação:

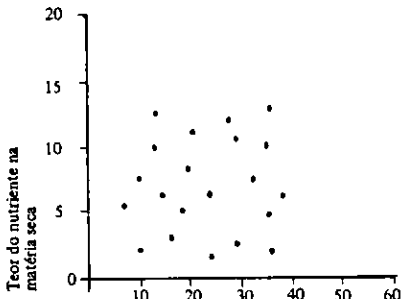


FIG. 1. Sem correlação.

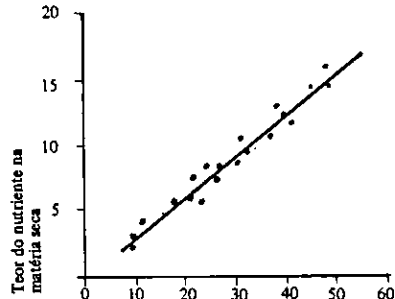
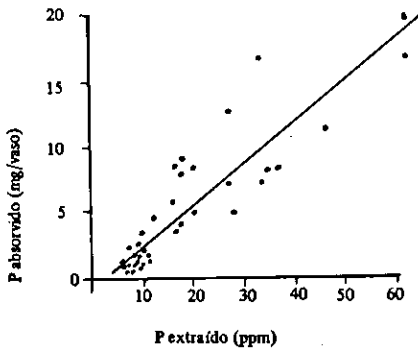


FIG. 2. Com correlação.



$$r = 0,87$$

$$y = 0,73 + 0,36 X$$

FIG. 3. Relação entre o P absorvido por trigo e o P extraído pelo método Carolina do Norte, em 9 solos do Rio Grande do Sul (Galvão, 1976).

Através dos estudos de correlação, faz-se a seleção do método mais adequado para os diversos solos da região. Este método é testado a campo, através dos estudos de calibração.

### 6.3.2. Calibração

Uma boa recomendação de adubação depende, entre outros fatores, de quanto o método de análise empregado se correlaciona com a absorção do nutriente pela cultura em estudo. Os testes de calibração relacionam o valor das análises de solo com o rendimento da cultura em condições de campo, englobando, assim, os efeitos integrados de todas as variáveis relacionadas com suprimento do nutriente pelo solo. Através desse estudo, pode-se determinar o nível crítico de um nutriente, ou seja, o teor do nutriente, abaixo do qual há probabilidade de resposta da cultura à fertilização com o elemento.

Na calibração de métodos de análise adota-se o seguinte procedimento:

1. Adição de níveis do nutriente
2. Instalação da cultura e avaliação do rendimento
3. Análise do solo pelos métodos em estudo
4. Determinação de níveis críticos.

Tabela 1. Resultados de experimentos de calibração do método de análise de fósforo Carolina do Norte, na cultura de soja em solo de Cerrado, Latossolo Vermelho-Escuro argiloso. CPAC, 1975/76.

Doses de fósforos		Rendimento de soja (média 4 repetições) kg/ha	Rendimento relativo (%)	ppm P no solo (método Carolina do Norte)
kg de P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /ha	ppm P			
0	0	77	2,5	1,0
150	32,7	2.020	64	3,2
300	65,5	2.488	79	8,9
600	130,9	2.993	95	14,5
1.200	261,8	3.159	100	42,2

Quando todos os fatores são fixos e se adicionam níveis de um elemento (variável), tem-se uma função de produção que segue o princípio dos rendimentos decrescentes. Para cada aumento de uma unidade da variável independente ( $\Delta X$  = nível de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), corresponde um incremento cada vez menor da variável dependente ( $\Delta Y$  = rendimento de soja), até chegar a um determinado ponto em que os incrementos se tornam negativos.

Colocando-se esses valores em gráficos, tem-se:

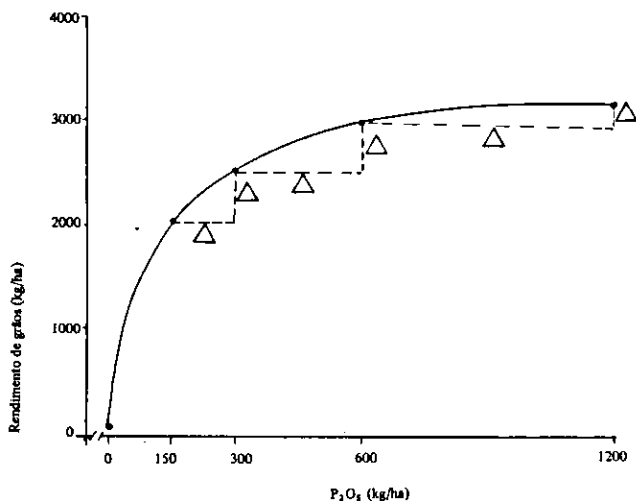


FIG. 4. Rendimento da soja, em função de níveis de adubação fosfatada a lanço, em Latossolo Vermelho-Escuro.

Na Figura 5, é mostrado o mesmo relacionamento. No eixo das abcissas está o valor das análises de solo para fósforo, pelo método Carolina do Norte, e, no eixo das ordenadas, o rendimento relativo.

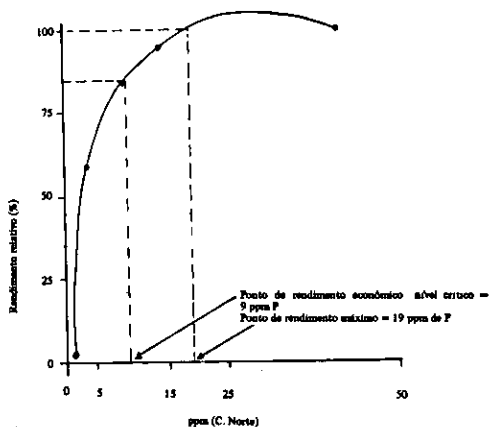


FIG. 5. Relação entre o P extraído pelo método Carolina do Norte e o rendimento relativo da soja em Latossolo Vermelho-Escuro.

Na Figura 5 estão evidenciados o rendimento máximo e o valor da análise do solo, que corresponde a esse rendimento. Visualiza-se também o ponto crítico, que é de 9 ppm de P, acima do qual é baixa a probabilidade de respostas da cultura à adubação fosfatada, correspondendo à 80% do rendimento máximo. A faixa de produção mais econômica está situada, normalmente, entre 80 e 90% do rendimento máximo.

#### 6.4. Recomendação de Adubação

Através da aplicação de fertilizantes procura-se elevar a produção a até 80% do rendimento máximo. O nível crítico varia com as culturas, pois suas exigências nutricionais são diferentes. Para a soja, o nível crítico no Latossolo Vermelho-Escuro argiloso foi de 9 ppm de P.

Na recomendação do fertilizante, deve-se lembrar que grande parte do fósforo adicionado ao solo fica retida na fase sólida e, quanto mais argiloso o solo, maior é essa retenção. Por exemplo, com a aplicação ao solo da dose de 32,7 ppm de P, antes do plantio (Tabela 1), a análise do solo mostrou apenas 3,2 ppm de P, após a colheita. Nesse solo, o método só recuperou, em média, 11% do que fora aplicado em forma de fosfato solúvel. A isso se chama percentagem de recuperação de P pelo método de análise.

$$\text{Recuperação (\%)} = \frac{\text{ppm P análise} - \text{ppm P nível} \times 100}{\text{ppm P aplicado}}$$

A capacidade de recuperação de P do método varia em solos diferentes e será menor à medida que aumenta a fixação de fósforo pelo solo. Esta deve ser considerada para recomendação de adubação.

Por exemplo, se a análise de uma amostra de solo mostrar apenas 3 ppm de P, para elevar o teor de fósforo até o nível crítico de 9 ppm de P serão necessários 6 ppm de P.

Considerando-se a capacidade de recuperação do método de 11%, temos:

$$100 \text{ ppm de P aplicado} - 11 \text{ ppm P análise solo} \\ - 6 \text{ ppm P análise solo}$$

$$X = \frac{100 \times 6}{11} = 54,5 \text{ ppm P.}$$

Para aumentar 6 ppm de P no solo é necessário aplicar 54,5 ppm de P em forma de fertilizante. Considerando-se os fatores ppm x 2 = kg/ha e P x 2,29 = P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, temos:

$$\text{Recomendação} = 54,5 \times 2 = 109 \text{ kg de P/ha} \\ 109 \times 2,29 = 250 \text{ kg de P}_2\text{O}_5/\text{ha.}$$

Para elevar o nível de disponibilidade de fósforo do Latossolo Vermelho-Escuro argiloso de 3 ppm de P para 9 ppm de P, pelo método Carolina do Norte, com vistas à

obtenção e 80% do rendimento máximo da soja, será necessário aplicar 250 kg de  $P_2O_5$ /ha a lanço.

É importante observar que estamos trabalhando com fosfatos solúveis. Para se utilizarem os fosfatos naturais como fertilizantes, é necessário verificar que quantidade equivaleria ao fosfato solúvel.

## BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

---

- COPER JR., J. T. & ROUSE, R.D. Interpretation of soil test results. In: WALSH, Léo M. & BEATON, James D., ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. Cap. 4, p.35-54.
- CORNEY, R. B. Soil testing; theory and practice. Madison, University of Wisconsin, Department of Soil Science, 1971. 158p.
- FITTS, J. W. & HANWAY, J. J. Prescribing soil and crop nutrient needs. In: OLSON, R. A. et alii, ed. *Fertilizer technology & use*. 2. ed. Madison, Soil Science Society of America, 1971. Cap. 2, p. 57-79.
- FRIED, M. & BROESHART, H. Determination of soil nutrient supply. In: OLSON, R. A. et alii, ed. *The soil-plant system in relation to inorganic nutrition*. New York, Academic Press, 1967. Cap. 6, p. 150-219.
- GALRÃO, E. Z. *Avaliação da disponibilidade de fósforo para as plantas*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1976. 67p. Teste Mestrado.
- KLAMT, E. & SANTOS, M.C.L. dos. *Amostragem de solos para recomendação de corretivos e fertilizantes*. 2. ed. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1974. 4p. (Folheto informativo, 4).
- MIELNICZUK, J. *Avaliação de fertilidade do solo*. Porto Alegre, UFRGS, Faculdade de Agronomia, 1974. 9p. (mimeografado).
- THOMAS, G. W. & PEASLEE, D. E. Testing soil for phosphorus. In: WALSH, Léo M. & BEATON, James D., ed. *Soil testing and plant analysis*. Madison, Soil Science Society of America, 1973. Cap. 9, p. 115-32.