

Métodos Análise P-Solo

A prática da análise de solo

- É a análise química mais utilizada na agricultura.
- Sucesso variável em diferentes países e regiões.
- É importante a quantidade e qualidade da pesquisa sobre métodos e sua calibração.

A análise de fósforo em solos

No Brasil, dois métodos são usados:

- ❖ Mehlich 1
- ❖ Resina trocadora de íons



BRASIL

❖ **IAC** – $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ de H_2SO_4 – usado de 1954 a 1982. Resultados iguais a Mehlich 1.

❖ **Mehlich 1** - $0,0125 \text{ mol L}^{-1}$ de H_2SO_4 e $0,050 \text{ mol L}^{-1}$ de HCl – Carolina do Norte. Em uso no Brasil desde 1965.

❖ **Resina trocadora de íons** – Desde 1983

O que os métodos de análise de P em solos deveriam avaliar?



❖ $P_{\text{solução}}$ = números muito baixos;

❖ Não deveriam avaliar $P_{\text{não-lábil}}$ e $P_{\text{fertilizante}}$

❖ Ideal = Avaliar $P_{\text{lábil}}$, que repõe $P_{\text{solução}}$

Vejam as seguintes equações

1. Origem do $P_{\text{solução}}$



2. Como o fósforo entra na raiz (difusão)



3. Como o fósforo passa para a resina



A base dos extratores é a ação química para liberar o fósforo

- ❖ Ação solvente de ácidos, com pH de 2 a 3 – Mehlich 1
- ❖ Substituição de ânions através de troca de ligantes – sulfato, citrato, lactato e acetato – Morgan, Egner
- ❖ Complexação de cátions - fluoreto – Bray 1
- ❖ Hidrólise de cátions combinados com P - Olsen

Detalhes analíticos do método Mehlich 1

- 1) 10 cm³ de solo + 100 ml de solução extratora;
- 2) Agitar 5 minutos. Separar por filtragem ou decantação. Determinar P;
- 3) O pH de extração é baixo, de 2 a 3.

Características do método Mehlich 1

- 1) Método muito simples;
- 2) O extrator é fortemente ácido, extraíndo de preferência P-Ca ou fósforo de adubos recém-aplicados. Não parece seletivo para $P_{\text{lábil}}$.
- 3) Dissolve pouco P de alguns solos argilosos.
- 4) Dissolve muito P em solos com resíduos de fosfatos naturais.

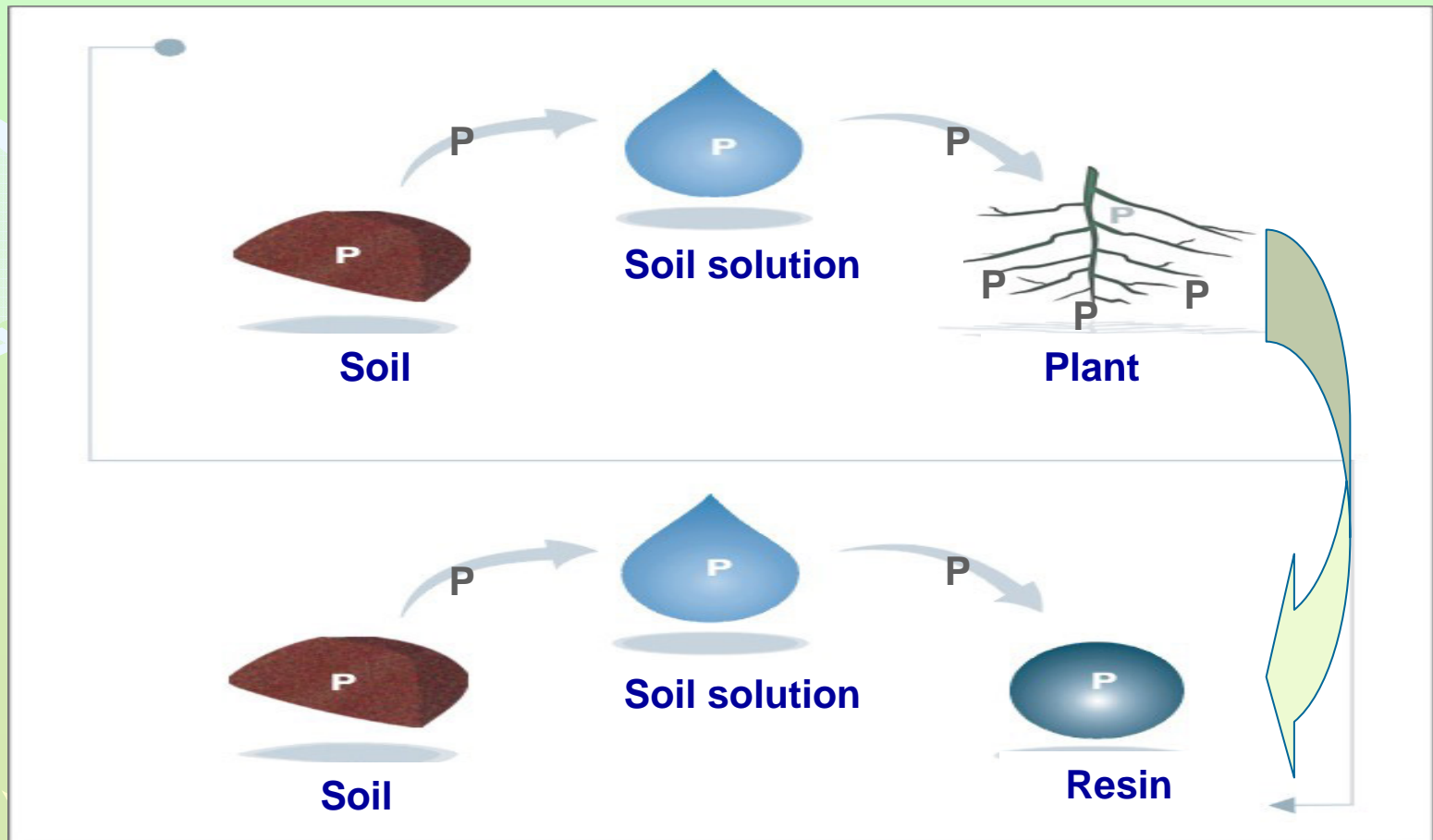
A extração com resina trocadora de íons

- 1) 2,5 cm³ de solo;
- 2) 2,5 cm³ de mistura de resina trocadora de cátions e resina trocadora de ânions saturada com bicarbonato de sódio;
- 3) 25 mL de água destilada;
- 4) Agitar 16 horas;
- 5) No dia seguinte, separar resina do solo, extrair o P da resina e determinar;
- 6) O pH de extração está entre 6 e 7.

O que é a resina de troca de ânions

Trata-se de um material sintético, como estrutura tridimensional de cadeias orgânicas, contendo grupamentos funcionais com cargas positivas, que adsorvem os ânions H_2PO_4^- .

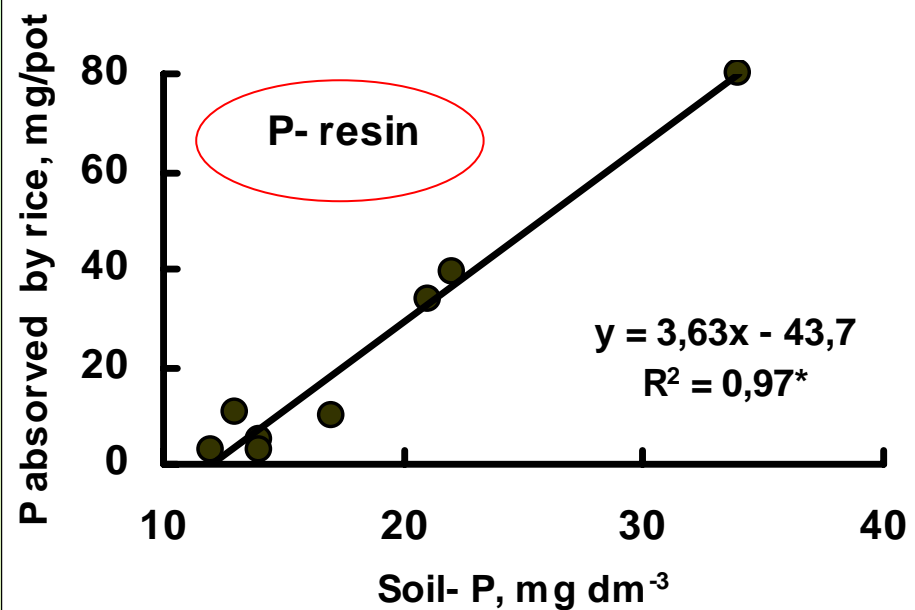
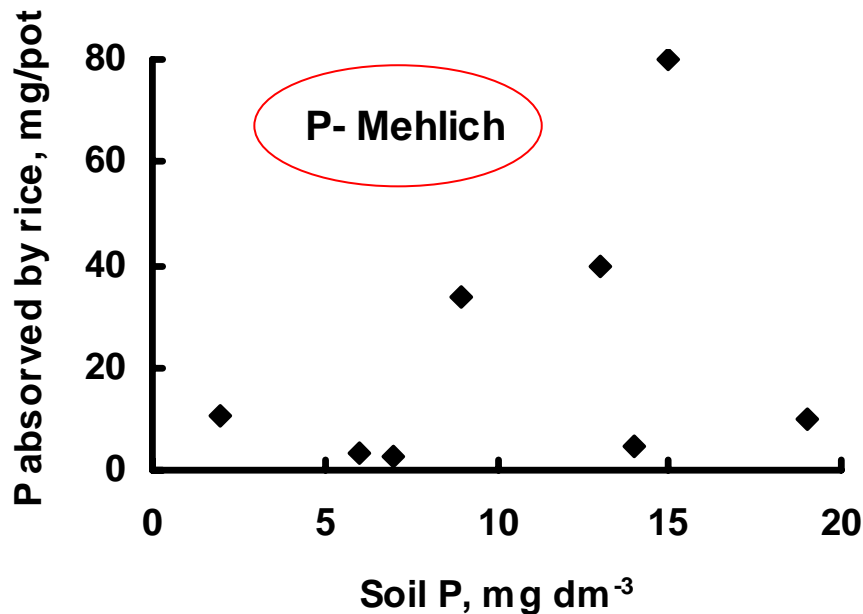
Uma outra representação da extração de P pela resina de troca de íons



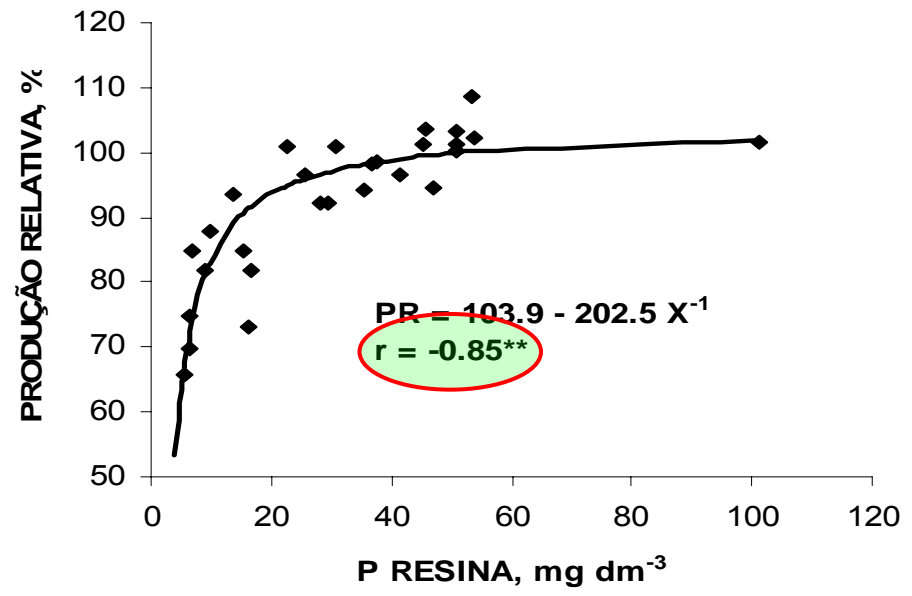
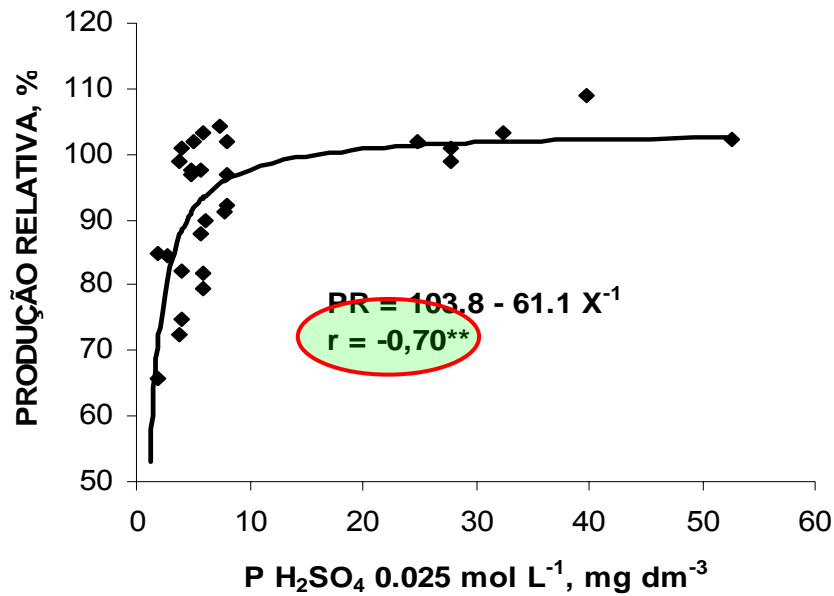
Comparação de métodos – 70 trabalhos (Silva & Raij, 1999).

| MÉTODOS | Coeficiente de determinação ou eficiência, r^2 , para <u>solos</u> | | |
|------------------|--|---------------------|-------------------|
| | Ácidos | Alcalinos e neutros | Não especificados |
| Resina | 0,84 | 0,83 | 0,69 |
| Olsen | 0,47 | 0,52 | 0,58 |
| Mehlich 1 | 0,56 | 0,39 | 0,41 |
| Bray 1 | 0,53 | 0,25 | 0,48 |

Um caso específico de experimento em vasos com **ARROZ INUNDADO** (Grande et al., 1986)




Calibração da análise de solo com experimentos de campo de **ALGODÃO** (Raij et al., 1986)



Comparação de métodos na literatura mundial, de 1953 a 1977 - 42 trabalhos (Raij, 1978)

| Método | Número de trabalhos em que foi testado | Eficiência 100 r² |
|------------------|---|-------------------------------------|
| Resina | 16 | 71 |
| Olsen | 32 | 55 |
| Mehlich 1 | 12 | 49 |
| Bray 1 | 29 | 46 |
| Bray 2 | 14 | 38 |
| Morgan | 13 | 32 |

Resultados de aumentos de P absorvido pela soja e P no solo – valores absolutos (Raij & Diest, 1980)

| Avaliação do P do solo | ST aplicado no plantio | Adubos aplicados 75 dias antes do plantio | | |
|---|------------------------|---|----------|----------|
| | | ST | Alvorada | Fosf. AI |
| P soja, mg vaso ⁻¹  | 4,26 | 2,25 | 1,13 | 1,72 |
| P resina, mg dm ⁻³ | 12,7 | 7,9 | 1,7 | 4,9 |
| P Mehlich 1, mg dm ⁻³ | 27,9 | 24,6 | 42,8 | 15,0 |
| P Bray 1, mg dm ⁻³ | 37,9 | 39,6 | 7,90 | 39,4 |

Resultados de aumentos de P absorvido pela soja e P no solo - Índices relativos (Raij & Diest, 1980).

| Avaliação do P do solo | ST aplicado no plantio | Adubos aplicados 75 dias antes do plantio | | |
|------------------------|------------------------|---|----------|----------|
| | | ST | Alvorada | Fosf. Al |
| P soja, % | 100 | 53 | 27 | 40 |
| P resina, % | 100 | 62 | 11 | 39 |
| P Mehlich 1, % | 100 | 88 | 153 | 54 |
| P Bray 1, % | 100 | 104 | 21 | 104 |

Efeito do pH de um solo Latossolo Roxo na produção de soja, no teor de P nas folhas e nos teores de P determinados por diversos extratores (Raij & Quaggio, 1990)

| pH em CaCl ₂ | Produção soja kg/ha | P Folhas g/kg | P Resina | P ----- mg dm ⁻³ ----- | | |
|-------------------------|------------------------|------------------|----------|-----------------------------------|--------|-------|
| | | | | Mehlic-1 | Bray 1 | Olsen |
| 4,5d | 1734 c | 2,35 b | 16 c | 9a | 20a | 18 a |
| 4,9c | 2246 b | 2,69ab | 19bc | 8a | 22a | 15ab |
| 6,1b | 2483ab | 2,88 a | 23 b | 8a | 20a | 13ab |
| 6,6a | 2622 a | 2,85 a | 34 a | 10a | 24a | 12 b |



P no solo em experimento de calagem com FEIJÃO - Pariquera-Açu

| pH em CaCl_2 | P folha mg kg^{-1} | P no solo, em mg dm^{-3} , para método | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---|--------|-------|--------|
| | | Mehlich 1 | Bray 1 | Olsen | Resina |
| 3,8 d | 2,44 b | 17 a | 20 a | 41 a | 33 b |
| 4,2 c | 3,21 a | 18 a | 21 a | 33 b | 36 ab |
| 4,7 b | 3,25 a | 18 a | 20 a | 26 c | 38 ab |
| 5,1 a | 3,26 a | 19 a | 18 a | 19 d | 43 a |
| 5,2 a | 3,25 a | 20 a | 19 a | 21 d | 43 a |

P no solo em experimento de calagem com SOJA - Mococa



| pH em CaCl ₂ | P folha mg kg ⁻¹ | P no solo, em mg dm ⁻³ , para método | | | |
|----------------------------|--------------------------------|---|--------|-------|--------|
| | | Mehlich 1 | Bray 1 | Olsen | Resina |
| 4,3 a | 1,85 c | 6 a | 15 a | 10 a | 13 c |
| 4,8 d | 2,06 bc | 7 a | 16 a | 11 a | 16 c |
| 5,5 c | 2,44 ab | 5 a | 13 a | 7 a | 17 bc |
| 6,1 b | 2,26 a | 7 a | 17 a | 8 a | 22 ab |
| 6,4 a | 2,55 a | 7 a | 15 a | 8 a | 27 a |

P no solo - experimento de calagem - soja - Ribeirão Preto



| pH em CaCl ₂ | P folha mg kg ⁻¹ | P no solo, em mg dm ⁻³ , para método | | | |
|-------------------------|-----------------------------|---|--------|-------|--------|
| | | Mehlich 1 | Bray 1 | Olsen | Resina |
| 4,5 d | 2,35 b | 9 a | 20 a | 18 a | 16 c |
| 4,9 c | 2,69 ab | 8 a | 22 a | 15 ab | 19 bc |
| 6,1 b | 2,88 a | 8 a | 20 a | 13 ab | 23 b |
| 6,6 a | 2,85 a | 10 a | 24 a | 12 b | 34 a |



P no solo - experimento de calagem c/girassol – Mococa

| pH em CaCl_2 | P folha mg kg^{-1} | P no solo, em mg dm^{-3} , para método | | | |
|-----------------------|-----------------------------|---|--------|-------|--------|
| | | Mehlich 1 | Bray 1 | Olsen | Resina |
| 4,3 c | 2,79 c | 12 b | 24 a | 17 a | 22 b |
| 4,6 c | 3,27 b | 12 b | 22 a | 17 a | 26 ab |
| 5,3 b | 3,81 a | 16 a | 25 a | 16 a | 33 ab |
| 5,5 ab | 3,87 a | 15 a | 20 a | 12 a | 35 a |
| 5,7 a | 3,80 a | 16 a | 20 a | 12 a | 37 a |

MEHLICH 1 x RESINA

- 1. Apresenta eficiência bem menor do que o método da resina para avaliar a disponibilidade de P em solos ácidos, com valores do coeficiente de determinação de 56%, contra 84% da extração por resina, de acordo com avaliação internacional.
- 2. É inadequado para uso em solos alcalinos, para os quais apresenta baixo grau de correlação com P absorvido com plantas, de 39% contra 83% pelo método da resina em avaliação mundial.
- 3. Pode superestimar os teores de P em alguns solos argilosos, com destaque para “terras roxas”.
- 4. Pode superestimar os resultados de P em solos que receberam incorporação de fosfatos naturais.
- 5. Pode superestimar os resultados de P em solos que receberam aplicações sem incorporação de fosfatos naturais, como em plantio direto e pastagem.
- 6. Parece muito pouco eficaz para a avaliação da disponibilidade de P em solos de várzea para cultivo de arroz irrigado.
- 7. Não detecta o aumento da disponibilidade de P no solo promovido pela calagem.
- 8. Pode comprometer o trabalho da agricultura de precisão, cujas técnicas sofisticadas podem ser comprometidas por um método que fornece dados de possível baixa qualidade de avaliação da disponibilidade de P.
- 9. Não incorpora o fator capacidade no resultado, necessitando de outra determinação, argila ou fósforo remanescente, para a interpretação

Por todas essas razões, a resina apresenta-se com vantagens para uso em laboratórios de análise de solo. O uso do método Mehlich 1 na análise do solo, ao invés da resina, pode acarretar prejuízos para os produtores, decorrentes ou do uso excessivo de fósforo quando a disponibilidade de P é subestimada, ou da redução da produtividade quando a disponibilidade de P é superestimada.