

Manejo da adubação fosfatada na cultura do cafeeiro

O fósforo é o macronutriente exigido em menores quantidades pelo cafeeiro e, ainda assim, um dos mais aplicados na implantação da lavoura. Este comunicado trata da dinâmica do P no solo, dos fatores que controlam sua disponibilidade e das estratégias para elevar a eficiência da adubação fosfatada.

AUTOR

Renato Passos Brandão

Brandão Agro Consultoria

PUBLICAÇÃO

Ribeirão Preto, SP

16 de junho de 2026

1

Introdução

O fósforo (P) é um dos nutrientes mais importantes para a produção do cafeeiro. É o macronutriente exigido em menores quantidades pelo cafeeiro. Entretanto, é um dos nutrientes mais utilizados na implantação do cafeeiro.

A explicação para esse fato relaciona-se com a baixa disponibilidade do P na maioria dos solos brasileiros e, também, a forte tendência do nutriente aplicado ao solo reagir com os componentes do mesmo formando compostos de baixa solubilidade denominada de “fixação” do fósforo (Furtini Neto et al., 2001).

A adubação com o P é realizada com uma quantidade várias vezes maior do que a exigida pelo cafeeiro. Há a necessidade de satisfazer inicialmente a

"exigência" do solo, saturando os componentes responsáveis pela fixação do fósforo.

As maiores doses do P são aplicadas na implantação do cafeeiro. As doses do fósforo na formação e produção do cafeeiro são bem menores.

Portanto, um dos grandes desafios no manejo da fertilidade do solo em cafeeiro é a elevação da disponibilidade do P, vencendo a barreira imposta pela "fome do solo" (Furtini Neto et al., 2001).

2

Forma química do fósforo absorvida pelo cafeeiro

O P é absorvido pelo cafeeiro na forma química do íon fosfato (H_2PO_4^-).

3

Mecanismos de transporte do fósforo nos solos às plantas

A difusão é o principal mecanismo de transporte do P do solo às raízes, sendo responsável por cerca de 94% da quantidade do nutriente absorvido pelas culturas (Malavolta et al., 1997).

A difusão é um processo muito lento e dependente do volume do solo explorado pelas raízes (Malavolta, 2006). Para que o P chegue às raízes por difusão, deve haver alto teor de P disponível no solo para favorecer a formação do gradiente de concentração (Novais; Smyth; Nunes, 2007).

4

Funções do fósforo no cafeeiro

O P é imprescindível ao crescimento e a reprodução do cafeeiro, as quais não alcançam o seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento deste nutriente.

O principal papel do P nas plantas é o armazenamento e a transferência de energia, sendo crucial para o desenvolvimento do cafeeiro e pegamento da florada e grãos (Malavolta, 2006).

Na fase inicial do desenvolvimento do cafeeiro, o P é responsável pela formação de um vigoroso sistema radicular, aumentando a absorção de água e nutrientes e refletindo diretamente na produtividade do cafeeiro (Tibau, 1984).

O P participa da formação dos ácidos nucleicos e membranas das células. É componente do ATP, molécula essencial para a transferência de energia no metabolismo das plantas. Atua na ativação de várias enzimas na produção e distribuição de carboidratos a partir da fotossíntese. Também ocorre na fitina, reserva do nutriente em sementes e frutos (Quaggio; Mattos Júnior; Raij, 2022).

O café com teor adequado de P é mais vigoroso mesmo após altas produtividades, reduzindo a bienalidade. Promove maior uniformidade na maturação dos grãos do café e reduz a incidência dos grãos defeituosos e chochos (Guerra et al., 2007).

5

Dinâmica e disponibilidade do fósforo ao cafeeiro

O P é um dos nutrientes mais limitantes à cultura do cafeeiro. A maioria dos solos cultivados com o cafeeiro possuem baixos teores de P e necessitam de altas doses do nutriente para um adequado desenvolvimento do cafeeiro.

O P no solo encontra-se na solução do solo e na fase sólida (Raij, 1991; Novais; Smyth; Nunes, 2007). O P da solução do solo (P solução) está em equilíbrio com o P da fase sólida (P lábil e o P não lábil), Figura 1.

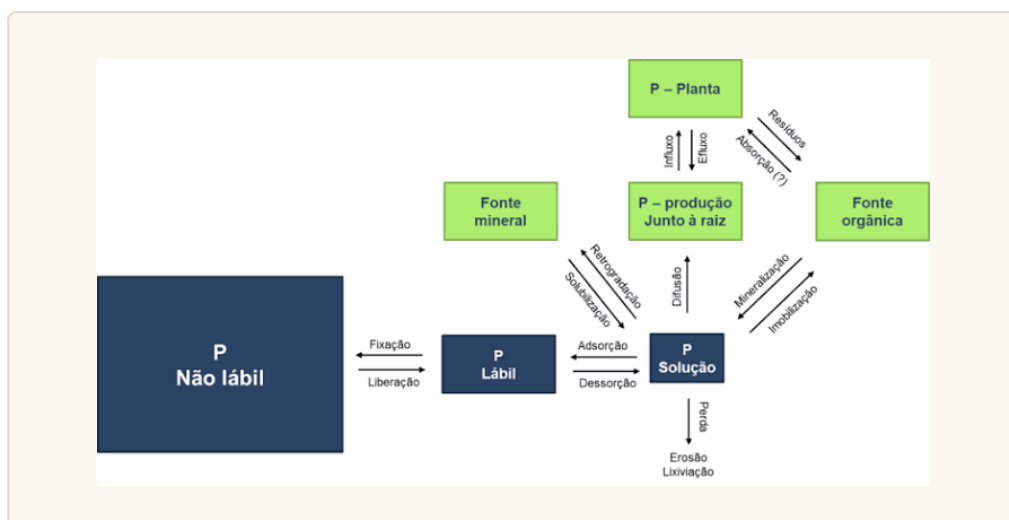


Figura 1. Dinâmica do P no solo. Fonte: Novais; Smyth; Nunes (2007).

O cafeeiro absorve o P da solução do solo, cujo teor é muito baixo, com valores da ordem de 0,1 mg de P/kg de solo. A camada arável do solo com 25% de umidade possui apenas 50 g/ha de P_2O_5 , quantidade insuficiente para atender as necessidades do cafeeiro (Raij, 2011). Portanto, a maior parte do P do solo encontra-se na fase sólida e é dividida em P-lábil e P-não lábil.

O P-lábil é aquele que está adsorvido nos colóides minerais e orgânicos do solo, disponível às plantas e em equilíbrio com o P da solução do solo. O P-não lábil é o P precipitado em compostos insolúveis (comumente com o ferro e alumínio em solos ácidos e com o cálcio em solos neutros e alcalinos) ou adsorvido por sítios de elevada energia (óxidos) e o seu aproveitamento pelas plantas é incerto (Goedert; Sousa, 1984).

A aplicação do P proveniente dos fertilizantes fosfatados solúveis aumenta momentaneamente o teor de P na solução do solo. Entretanto, mais de 90% do P aplicado ao solo é adsorvido na primeira hora de contato com o mesmo, formando, inicialmente, o P-lábil e, posteriormente, com o passar do tempo, o P-não lábil (Novais et al., 2007), conforme equação abaixo.



6

Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo

A disponibilidade do P para o cafeeiro é reduzida pela retenção do nutriente nos solos através da precipitação e adsorção e é denominada de “fixação”.

Várias propriedades do solo afetam a fixação do P nos solos, sendo as mais importantes: pH, textura, tipo e quantidade de coloides (minerais de argilas e húmus), densidade do solo e quantidade de outros ânions que podem competir com o íon fosfato por sítios de adsorção, por exemplo, sulfato e silicato (Goedert; Sousa, 1984).

6.1 pH do solo

O pH do solo é um dos fatores que mais afeta a disponibilidade do P do solo ao cafeeiro.

A maior disponibilidade do P para o cafeeiro ocorre na faixa de pH entre 6,0 e 6,5 (Figura 2). Em solos ácidos, o P é precipitado pelos íons Fe e Al e é adsorvido na superfície dos óxidos de Fe e Al formando fosfatos com baixa solubilidade, reduzindo a disponibilidade do P ao cafeeiro.

Em solos alcalinos, o P reage com o Ca formando fosfato de cálcio, sal com baixa solubilidade em água.

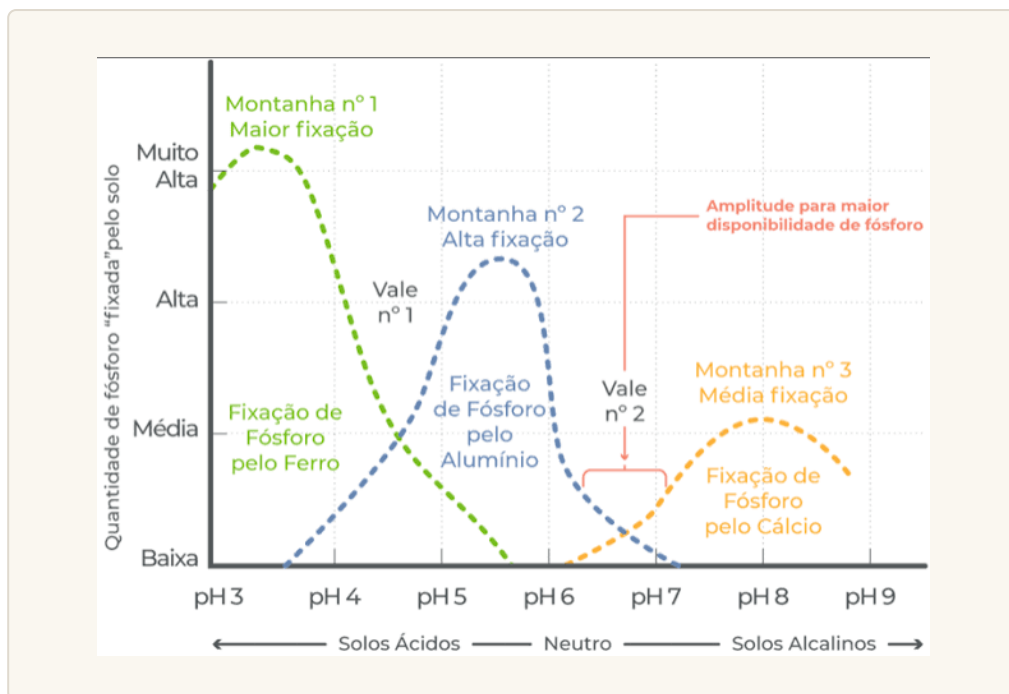


Figura 2. Efeito do pH do solo na disponibilidade do fósforo para as plantas. Fonte: Instituto da Potassa & Fosfato (1998).

A correção da acidez do solo diminui os locais de fixação do P, aumentando a disponibilidade deste nutriente para o cafeeiro. Além disso a calagem torna o ambiente do solo mais adequado ao desenvolvimento das raízes, aumentando a capacidade do cafeeiro na absorção do P.

6.2 Teor de argila do solo

A fixação do P é influenciada pelo teor de argila do solo. Quanto maior é o teor de argila do solo, maior é a fixação do nutriente (Tabela 1). Esses dados indicam a dificuldade de saturar os sítios de adsorção dos solos tropicais altamente intemperizados, evidenciando a necessidade da aplicação localizada do P em solos argilosos.

Tabela 1. Teores de argila e capacidade máxima de adsorção de fosfato em solos de Minas Gerais.

CARACTERÍSTICA	LATOSSOLO		
	Monte Santo, MG	Patrocínio, MG	Paracatu, MG
Argila (%)	14	59	35
Adsorção de P (mg/cm)	0,33	0,94	1,64
Retenção estimada - P ₂ O ₅ (kg/ha)	1.518	4.324	7.544

Fonte: Adaptado de Dias (1992).

A correção do teor de P em solos argilosos deve ser realizada no sulco de plantio. Em solos de textura média a arenosa, pode-se aplicar o fertilizante fosfatado a lanço e incorpora-lo, sem grandes perdas de fixação (Favarin et al., 2010).

6.3 Tipo de argila

Os solos brasileiros são altamente intemperizados predominantemente ácidos e com altos teores de caulinita e de óxidos de Fe e Al, favorecendo as reações do P e diminuindo a disponibilidade ao cafeeiro (Quaggio; Mattos Júnior; Raij, 2022).

6.4 Época de aplicação

Quanto maior é o tempo de contato do íon fosfato com os solos brasileiros, maior é a fixação do P.

6.5 Teor de matéria orgânica

Os solos com maiores teores de matéria orgânica possuem menores taxa de fixação do P. Esse efeito ocorre principalmente pela maior dificuldade do contato dos íons fosfatos com os sítios de fixação pelo recobrimento dos mesmos pelos radicais orgânicos presentes na matéria orgânica formando

complexos organofosforados, os quais são mais facilmente absorvidos pelo cafeeiro (Sousa, 2010).

6.6 Teor de umidade

Teores adequados de umidade do solo maximizam a disponibilidade do P para o cafeeiro. Baixos teores de umidade no solo reduzem a difusão do P e consequentemente a quantidade do nutriente que potencialmente pode ser absorvido pelo cafeeiro. O excesso de umidade no solo reduz o teor de oxigênio, compromete o crescimento das plantas do cafeeiro e reduz a absorção do P.

6.7 Compactação do solo

A compactação do solo reduz a aeração e o espaço poroso, reduzindo o crescimento das raízes e, consequentemente, a absorção do P.

Quanto maior é a compactação do solo, maior é a sua densidade do solo e menor a taxa de difusão do P nos solos. Conforme comentado anteriormente, o principal mecanismo do transporte do P no solo é a difusão, processo muito lento e dependente do volume do solo explorados pelas raízes.

Portanto, o cafeicultor deve adotar práticas culturais que reduzem a compactação do solo, dentre as quais:

- Aumentar o teor de matéria orgânica no solo;
- Evitar o trânsito de máquinas agrícolas em solos úmidos. A colheita mecanizada do café, aumenta o tráfico de máquinas e tende a aumentar a compactação dos solos;
- Realizar a avaliação da presença de camadas compactadas e se houver necessidade, realizar a descompactação ou a escarificação dos solos.

6.8 Adubações com o nitrogênio amoniacal

O nitrogênio, especialmente na forma amoniacal (N-NH_4^+), aumenta a absorção do P pelo cafeeiro (Prado, 2008).

6.9 Magnésio (Mg) no solo

Há um efeito sinérgico entre o Mg e o P, ou seja, a absorção do P é máxima em solos com teores adequados de Mg, melhorando a eficiência das adubações fosfatadas (Favarin et al., 2010).

O teor de Mg no solo com o cafeeiro deve ser no mínimo de $8 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$ (Mattos Júnior; Boaretto; Quaggio, 2022). Entretanto, é aconselhável que o teor de magnésio no solo esteja entre 12 e $15 \text{ mmol}_c/\text{dm}^3$. A saturação do magnésio na CTC dos solos com o cafeeiro deve estar entre 13 e 18% e a relação Ca/Mg e Mg/K nos solos deve ser de 1,5 a 3,5 e 3,0 a 6,0, respectivamente.

Portanto, o cafeicultor precisa manter o teor de Mg no solo na faixa adequada ao cafeeiro e em equilíbrio com o Ca e K.

6.10 Silicatos no solo

Os silicatos possuem poder neutralizante em solos ácidos, atuando de maneira similar aos calcários. São capazes de elevar o pH do solo, neutralizando o Al trocável e outros elementos tóxicos (Soares; Prado; Camargo, 2016).

7

Manejo da adubação fosfatada no cafeeiro

O P é um dos nutrientes que mais limitam a produtividade do cafeeiro, especialmente nos solos ácidos ou pouco adubados (Quaggio; Mattos Júnior; Raij, 2022).

A eficiência da adubação fosfatada em solos tropicais é muito baixa. De maneira geral, a eficiência dos fertilizantes fosfatados no primeiro ano após a aplicação situa-se entre 5 e 20% (Favarin et al., 2010).

Entretanto, com sucessivas adubações fosfatadas, o teor de P disponível ao cafeeiro aumenta a cada safra (efeito residual das adubações fosfatadas). Porém, para atingir alto teor de P disponível no solo, são necessárias adubações sucessivas com doses elevadas de P, especialmente em solo argiloso, onde a fixação do íon fosfato é acentuada (Quaggio; Mattos Júnior; Raij, 2022).

O cafeeiro requer manejo especial com o P na implantação da cultura, pois é a única oportunidade de se aplicar este nutriente em profundidade. A aplicação do P em profundidade estimula o crescimento do sistema radicular do cafeeiro contribuindo para o aumento da eficiência dos demais nutrientes e uso da água.

No plantio do cafeeiro é recomendado a aplicação do P em sulcos profundos. Conforme ressaltado por Quaggio; Mattos Júnior; Raij (2022), independentemente da análise do solo, aplicar 60 g de P_2O_5 por metro linear de sulco. De acordo com o espaçamento do cafeeiro, a dose do P pode variar de 160 a 200 kg/ha de P_2O_5 . É uma estratégia para estimular o maior crescimento das raízes e a produção mais precoce do cafeeiro.

Após a implantação do cafeeiro, o fertilizante fosfatado é aplicado na projeção da copa em doses normalmente menores que o N e K. Em solos com baixos teores de P, a adubação fosfatada é mais eficiente se a dose do P sem o parcelamento tradicional realizado com o nitrogênio e potássio.

8

Estratégias de aumento da eficiência da adubação fosfatada no cafeeiro

O cafeicultor precisa conhecer e levar em consideração os fatores que afetam a eficiência agronômica dos fertilizantes fosfatados no solo.

Na prática, não é possível modificar a textura e o tipo de coloides minerais do solo. Entretanto, o cafeeiro deve alterar os demais fatores do solo para melhorar a disponibilidade do P ao cafeeiro, dentre os quais, o pH, umidade do solo, teor de matéria orgânica e densidade do solo.

As principais estratégias para o aumento na eficiência da adubação fosfatada em cafeeiro são:

- 1 Manutenção do pH do solo na faixa para potencializar a disponibilidade do P ao cafeeiro. Utilizar preferencialmente o calcário dolomítico para o fornecimento de Mg;
- 2 Aplicar os fertilizantes fosfatados no sulco de plantio para reduzir a fixação do P através da redução da área de contato do íon fosfato com o solo;
- 3 Utilizar fertilizantes organominerais fosfatados enriquecido com magnésio e silício para reduzir a fixação do P no solo e potencializar a disponibilidade do nutriente ao cafeeiro;
- 4 Manutenção de uma boa cobertura vegetal do solo, mantendo o teor de umidade na faixa adequada para o cafeeiro;
- 5 Se for possível, irrigar as lavouras de café;
- 6 Aumentar o teor de matéria orgânica na faixa do solo com aplicações de condicionador de solos (FertiHumin);
- 7 Evitar a compactação do solo;
- 8 Aumentar o volume do solo explorado pelo sistema radicular do cafeeiro.

As características do sistema radicular do cafeeiro também são importantes no manejo da adubação fosfatada. A eficiência da adubação fosfatada será tanto maior, quanto maior o volume do solo explorado pelas raízes do cafeeiro. Utilizar o Carajá® Húmic, fertilizante organomineral líquido e o FertiHúmic para estimular o desenvolvimento das raízes do cafeeiro.

9

Phosfoorin

São fertilizantes fosfatados farelados da Adubos Carajá com duas frações do P: fósforo prontamente disponíveis e com liberação gradual às plantas. Contém silício que reduz a fixação do fósforo no solo e o magnésio que atua como carreador do nutriente, potencializando a absorção pelas plantas.

PRODUTO	P ₂ O ₅ TOTAL	P ₂ O ₅ AC ¹	CA	MG	S	NATUREZA FÍSICA
Phosfomag 18	18%	14%	-	1%	2%	Sólido (farelado)
Phosfoorin 10	10%	3%	10%	-	-	Sólido (farelado)
Phosfoorin 13	13%	3%	10%	-	-	Sólido (farelado)
Phosfoorin 18	18%	12%	17%	1%	2%	Sólido (farelado)
Phosfoorin 21	21%	7%	15%	1,5%	2%	Sólido (farelado)

¹ Ácido cítrico a 2%.

10

Considerações finais

O solo é um sistema heterogêneo e ocorrem reações complexas envolvendo os nutrientes adicionados pelos fertilizantes que, muitas vezes, embora em quantidades adequadas, não estão disponíveis ao cafeeiro.

O P, ao lado do N, é um dos nutrientes mais limitantes à cultura do cafeeiro. A eficiência da adubação fosfatada no cafeeiro no primeiro ano após a aplicação no solo é muito baixa em torno de 5 a 20%.

O P é imprescindível ao crescimento e a reprodução do cafeeiro, as quais não alcançam o seu máximo potencial produtivo sem um adequado suprimento deste nutriente.

O principal papel do P nas plantas é o armazenamento e a transferência de energia, sendo crucial para o desenvolvimento do cafeeiro e pegamento da florada e grãos.

Várias propriedades do solo afetam a fixação do P nos solos, sendo as mais importantes: pH, textura, tipo e quantidade de coloides (minerais de argilas e húmus), densidade do solo e quantidade de outros ânions que podem competir com o íon fosfato por sítios de adsorção, por exemplo, sulfato e silicato.

O cafeeiro precisa adotar práticas culturais que possam melhorar a eficiência agronômica das adubações fosfatadas otimizando os investimentos realizados com este insumo agrícola. Basicamente, são práticas que reduzem o contato do P com o solo e aumentam o volume do solo explorado pelas raízes do cafeeiro.

O Phosfoorin são fertilizantes fosfatados farelados da Aubos Carajá com duas frações do P: fósforo prontamente disponíveis e com liberação gradual às plantas. Contém silício que reduz a fixação do fósforo no solo e o magnésio que atua como carreador do nutriente, potencializando a absorção pelas plantas.

Para reduzir a fixação do P no solo e aumentar a disponibilidade ao cafeeiro, sempre associar o Phosfoorin com o Carajá® Humic, fertilizante organomineral fluido com altos teores de substâncias húmicas e o FertiHumin, condicionador de solos.

11

Literatura consultada

DIAS, L. E. Dinâmica de formas de enxofre e de cátions trocáveis em colunas de solo tratadas com diferentes formas de fósforo e gesso. 1992. 147p. Dissertação (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1992.

FAVARIN, J. C.; TEZOTTO, T.; NETO, A. P. & PEDROSA, A. W. Cafeeiro. In: PROCHNOW, L. I.; CASARIN, V. & STIPP, S. R. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes: culturas. v.3. Piracicaba, IPNI. 2010. p.411-467.

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. L.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. Fertilidade do solo. Lavras: UFLA/FAEPE. Curso de Pós-

Graduação "Lato Sensu" (Especialização) a Distância: Solos e Meio Ambiente. 2001. 252p.

GOEDERT, W. J. & SOUSA, D. M. G. Uso eficiente de fertilizantes fosfatados. In: ESPINOZA, W.; OLIVEIRA, A. J. de (Eds.). Anais do Simpósio sobre fertilizantes na agricultura brasileira. Brasília, DF, EMBRAPA. 1984. p.255-289.

GUERRA, A. F.; ROCHA, O. C.; RODRIGUES, G. C.; SANZONOWICZ, C.; RIBEIRO FILHO, G. C.; TOLEDO, P. M. R.; RIBEIRO, L. F. Sistema de produção de café irrigado: um novo enfoque. ITEM, Brasília, n.73, p.52-61, 2007.

INSTITUTO DA POTASSA & FOSFATO. Manual internacional de fertilidade do solo. 2 ed. Piracicaba, Potafos. 1998. 177p.

MALAVOLTA, E. Elementos da nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; QUAGGIO, J. A. Cálcio, magnésio e enxofre. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; MATTOS JÚNIOR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, SP. p. 113-120, 2022.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J.; NUNES, F. N. Fósforo In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Eds.). Fertilidade do solo. Viçosa, MG; Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.471-550.

PRADO, R. M. Nutrição de plantas. São Paulo, Editora Unesp. 2008. 407p.

QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; RAIJ, B. van. Fósforo. In: CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; MATTOS JR, D.; BOARETTO, R. M.; RAIJ, B. van (Eds.). Boletim 100: Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. Campinas, SP. p. 95-105, 2022.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e manejo de nutrientes**. Piracicaba: IPNI, International Plant Nutrition Institute, 2011. 420 p.

SOARES, A. A.V.L.; PRADO, R. M.; CAMARGO, M. S. Importância do silício na nutrição de plantas na região de cerrado. In: FLORES, R. A.; CUNHA, P. P. (Eds.). Práticas de manejo do solo para adequada nutrição de plantas no cerrado.p.447-479. 2016.

SOUSA, D. M. G. Manejo da adubação fosfatada. In: PROCHNOW. L. I.; CASARIN, V. & STIPP, S. R. (Eds.). Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes. v.2. Piracicaba, IPNI. 2010. p.411-467.

TIDAU, A. C. Matéria orgânica e fertilidade do solo. 3. ed., São Paulo. Editora Nobel. 1984. 220 p.

Renato Passos Brandão

Brandão Agro Consultoria

RIBEIRÃO PRETO, SP · 16 DE JUNHO DE 2026