

Potencial acidificante de diferentes fertilizantes fosfatados aplicados em dois solos do Paraná

Gean Marcos Merten^{1*}; Mauricio Patel²; Alfredo Richart²

¹ do Programa de Pós-graduação em Agronomia - UNIOESTE, Marechal Candido Rondon, Paraná.

² Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Campus Toledo, Toledo, Paraná.

* gean.merten@outlook.com

Resumo: Aplicação de diferentes fontes de fósforo ao solo, pode proporcionar maior acidificação, a qual pode estar relacionado com a composição química do fertilizante e as características mineralógicas do solo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito acidificante de diferentes fertilizantes fosfatados (formulados e matéria-prima) sobre o pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹ de incubados em dois solos do Paraná. O experimento foi conduzido em vasos de 5 kg de solo, delineamento de blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial 2x9x3, dois tipos de solos, um Argissolo Vermelho Distrófico (PVd) e um Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVdf), nove fertilizantes fosfatados (testemunha, superfosfato triplo, superfosfato simples, formulado 2-20-18, K-Mag, MicroEssentials, Top-Phos, termofosfato Yoorin e Procote) e três épocas de coleta de amostras de solo (30, 60 e 90 dias após aplicação), com quatro repetições. Quanto as avaliações, determinou-se o pH em água de amostras coletadas aos 30, 60 e 90 dias após aplicação dos tratamentos. Os resultados indicam que fertilizantes fosfatados que em sua composição contém nitrogênio provocaram maior acidificação do PVd em comparação com o LVdf. O termofosfato Yoorin e o superfosfato triplo apresentaram menor efeito acidificante que os demais fertilizantes fosfatados avaliados. Os fertilizantes Top-Phos, K-Mag, MicroEssentials e Procote provocaram maior acidez no PVd do que no LVdf.

Palavras-chave: Acidez do solo; Potencial hidrogeniônico; Fertilidade do solo.

Acidifying potential of different phosphate fertilizers applied in two soils of Paraná

Abstract: Application of different sources of phosphorus in soil can provide greater acidification, which can be related to the fertilizer chemical composition and soil mineralogical characteristics. This work had the objective to evaluate the acidifying effect of some phosphate fertilizers applied on two soils of West region of Parana State. The experiment was conducted on pots containing 5 kg of soil, on a randomly blocks scheme with the treatments arrange on a factorial scheme of 2x9x3, two soil types (Paleaudalf soil and dystrofic Red Latosol), nine phosphate fertilizers (control, supertriple phosphate, 2-20-18 formulate, K-Mag, microessentials, Top-Phos, Yoorin thermophosphate and Pro cut) and three soil sampling collect periods (30, 60 and 90 days after application), with four replicates. As for the evaluations, it was determined pH of water on the collected samples at 30, 60 and 90 days after treatment applications. Results indicate that phosphate fertilizers contains nitrogen that promotes higher Paleaudalf soil acidification compared to dystrofic Red Latosol. The Yoorin thermophosphate and supertriple phosphate presented lower acidifying effect than the others fertilizers evaluated. The Top-Phos, K-mag, microessentials and pro cut fertilizers promoted higher acidity on Paleaudalf soil than on dystrofic Red Latosol.

Keywords: Soil acidity, hydrogenation potential, soil fertility.

Introdução

Os fertilizantes constituem um dos principais insumos agrícolas e tem como fontes diferentes matérias-primas, produtos de origem petroquímica e da mineração, sendo que os mais utilizados na agricultura brasileira são os fertilizantes nitrogenados (N), fosfatados (P) e potássicos (K), normalmente empregados em misturas por meio de formulações constituídas pelas combinações de diferentes proporções dos nutrientes nitrogênio (N), fósforo (P) e potássio (K) nos fertilizantes (DIAS e FERNANDES, 2006).

Dentre os nutrientes fornecidos via fertilizantes formulados, as matérias-primas fontes de P utilizadas nas misturas encarecem de forma expressiva o custo das adubações, devido boa parte destas serem importadas (BASTOS *et al.*, 2008). Neste sentido, buscando melhorar o aproveitamento do P dos fertilizantes, a forma aplicação pode alterar a velocidade e a capacidade do mesmo em reagir no solo, com conseqüente solubilização e disponibilização do P na solução, determinando o grau de eficiência da adubação fosfatada (BREVILIERI, 2013).

Por isso, o mercado brasileiro de fertilizantes utiliza preferencialmente as fontes de P de elevada solubilidade, objetivando o aumento da fertilidade do solo e acréscimos na produtividade das culturas (FRANCISCO *et al.*, 2007). Além disso, a utilização de fertilizantes fosfatados mais concentrados e que contenham amônio, pode provocar alterações no pH do solo. Paiva (1990) verificaram que inicialmente, a solubilização destes fertilizantes que contem amônio causam um aumento do pH, principalmente ao redor dos grânulos do adubo, entretanto, após a reação de nitrificação do amônio, ocorre uma acidificação do solo, como também pode alterar em outros atributos químicos do solo com o aumento do teor de alumínio trocável, redução da capacidade de troca catiônica efetiva e das bases trocáveis.

Na escolha de um fertilizante fosfatado, normalmente, avalia-se as características de solubilidade, pois as fontes de P mais solúveis apresentam boa eficiência, tornando o P prontamente disponível, favorecendo sua absorção e aproveitamento pelas plantas, porém essa rápida liberação pode favorecer o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis, originando compostos fosfatados de baixa solubilidade, indisponibilizando o P para as plantas (NOVAIS *et al.*, 2007), pois as mesmas se nutrem retirando o P necessário para seu desenvolvimento da solução do solo, maior parte do P absorvido pelas plantas é como íon ortofosfato primário ($H_2PO_4^-$) (SOUSA e LOBATO, 2003).

Nas formulações de fertilizantes mistos, são utilizadas como fontes de P algumas matérias-primas como o superfosfato simples (SFS), obtido à partir do processo de acidulação da apatita com ácido sulfúrico (H_2SO_4), superfosfato triplo (STF), produzido à partir do enriquecimento da apatita acidulada com ácido fosfórico (H_3PO_4) e o termofosfato que são preparados por meio do aquecimento (1000 a 1450 °C) da rocha fosfática, apresentando características de solubilidade lenta e presença de cálcio (Ca) e magnésio (Mg), dentre outros micronutrientes (RAIJ, 1991).

Estudos realizados em diversos países demonstraram que o uso contínuo e prolongado de fertilizantes que contenham em sua composição o amônio tem contribuído para o aumento da acidificação do solo. Tem-se constatado nestes estudos, que o sulfato de amônio (SA) é a fonte

nitrogenada com maior capacidade de acidificação do solo (MELÉM JÚNIOR *et al.*, 2001; TEIXEIRA FILHO *et al.*, 2010) e é uma das principais fontes de N utilizadas nos fertilizantes do tipo N-P-K.

Neste caso, o pH é o índice que indica o grau de acidez do solo, de extrema importância, pois ele determina a disponibilidade dos nutrientes contidos no solo ou a ele adicionados, bem como à assimilação dos nutrientes pelas plantas, a maior parte dos nutrientes (K, Ca, Mg, N, S, B e P) estão menos disponíveis em valores baixos de pH (ALCARDE *et al.*, 1998).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito acidificante de diferentes fertilizantes fosfatados (formulados e matéria-prima) em dois solos do Paraná.

Material e Métodos

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação da unidade experimental do curso de Agronomia da Escola de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR), campus Toledo, região Oeste do Paraná, localizada nas coordenadas: 24° 42' 49" S, e 53° 44' 35" W e altitude de 574 m. Com base na classificação climática de Köppen, o clima é do tipo subtropical úmido mesotérmico, com verões quentes, sem estações secas e com poucas geadas. A média das temperaturas do mês mais quente é superior a 22 °C e a do mês mais frio é inferior a 18 °C (CAVIGLIONE, 2000).

Previamente a instalação do experimento, foi realizada a coleta de solo na camada de 0 – 20 cm de dois solos, sendo o primeiro um Argissolo Vermelho Distrófico (PVd), textura média, coletado no Município de Alto Piquiri, região noroeste do estado do Paraná. O segundo solo utilizado foi um Latossolo Vermelho Distroférrico típico (LVdf), textura muito argilosa (EMBRAPA, 2018). As amostras coletadas foram secadas ao ar, destorroadas, peneiradas (4 mm), homogêneas e amostradas para análises granulométricas (EMBRAPA, 1997) e para avaliação da fertilidade (MIYAZAWA *et al.*, 1992) e seus resultados são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Valores médios para as análises de solo antecedendo implantação do experimento coletadas na camada de 0 – 20 cm.

Tipo de solo	pH água	pH CaCl ₂	P		S		Ca		Mg		K	H + Al
			mg dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³		cmol _c dm ⁻³					
LVdf	5,31	4,60	45,11	12,22	3,24	1,32	0,52	6,35				
PVd	6,18	5,60	20,60	11,60	3,32	0,89	0,12	2,14				
Análise textural												
Tipo de solo	Areia			Silte			Argila					
	g kg ⁻¹			g kg ⁻¹			g kg ⁻¹					
LVdf	87			133			780					

PVd	827	13	160
-----	-----	----	-----

Como o LVdf apresentava pH abaixo, foi necessário realizar uma calagem corretiva para igualar pH dos dois solos. Para isto, foi aplicado carbonato de cálcio e magnésio (CaCO_3 e MgCO_3 p.a) com intuito de elevar a saturação por bases para 60%. Foram aplicados $7,65 \text{ g vaso}^{-1}$ de CaCO_3 p.a. e $5,6 \text{ g vaso}^{-1}$ de MgCO_3 p.a., desta forma, a participação do Ca foi para 45% na T e do Mg para 15% na T. No PVd foi necessário elevado a participação do K para 4% na T, aplicando-se 20 g vaso^{-1} de cloreto de potássio (KCl p.a.). Os vasos foram preenchidos por 5 kg de solo seco, nos quais, foram aplicadas as doses de carbonato de Ca, Mg e KCl, homogeneizando os produtos na massa de solo cada vaso. Em seguida, os vasos foram umedecidos a 70% da capacidade de retenção de água e permaneceram encubados por 90 dias.

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso com os tratamentos arranjados em esquema fatorial $2 \times 9 \times 3$, dois tipos de solos, um Argissolo Vermelho Distrófico (PVd) e um Latossolo Vermelho Distroférico típico (LVdf), nove fertilizantes fosfatados (testemunha, superfosfato triplo, superfosfato simples, formulado 2-20-18, K-Mag, MicroEssentials, Top-Phos, termofosfato Yoorin e Procote) e três épocas de coleta de amostras de solo (30, 60 e 90 dias após aplicação), com quatro repetições.

Após período de incubação, as doses dos fertilizantes fosfatados foram aplicados e misturadas na massa de solo de cada vaso na dose de 200 mg kg^{-1} de P. Em seguida, os vasos foram umedecidos a 70% da capacidade de retenção de água pelo solo e, durante o período de condução do experimento, os vasos foram pesados semanalmente e corrigido o conteúdo de água para o valor da 70%.

Quanto as avaliações, foram realizadas três coletas de amostras de solo, as quais foram realizadas aos 30, 60, 90 dias após aplicação dos fertilizantes (DAA). Em seguida a coleta, as amostras foram encaminhadas para o Laboratório de Fertilidade de Solo da PUCPR, no qual, foram colocadas para secagem ao ar, por duas semanas. Na sequência, as amostras foram submetidas a avaliação do pH em água do solo, conforme metodologia proposta por Miyazawa *et al.* (1992).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e quando significativos, as médias para os dois solos e as três coletas de amostras, foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, enquanto que as médias para os diferentes fertilizantes fosfatados, foram agrupadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o software SISVAR (FERREIRA, 2014).

Resultados e Discussão

De forma geral, ocorreram diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os tipos de solo, os períodos de coleta das amostras para análise e os fertilizantes fosfatados estudados, como apresentado na Tabela 2. Quanto as interações entre os fatores avaliados, apenas a interação tipo de solo e tipo de fertilizante aplicado ao solo foi significativa ($p < 0,01$) para o pH em água, enquanto que para as demais interações, não foram constatadas diferenças significativas ($p \geq 0,05$).

Tabela 2 - Resumo da análise de variância para os valores de pH em água em função da aplicação de diferentes tipos de fertilizantes fosfatados em dois solos (LVdf e PVd) e três períodos de coleta de amostras de solo (30, 60 e 90 DAA). Toledo, PR.

Fontes de variação	G. L.	Q. M.
		pH em água
Bloco	3	0,17**
Solo (S)	1	6,26**
Coleta (C)	2	3,47**
Fertilizante (F)	8	2,03**
S x C	2	0,06 ^{NS}
S x F	8	0,25**
C x F	16	0,05 ^{NS}
S x C x F	16	0,04 ^{NS}
Erro	159	0,04
C. V.		3,66
Média		5,26
Tipo de Solo		
LVdf		5,43 a
PVd		5,10 b
Coleta de solo (dias)		
30		5,45 a
60		5,32 b
90		5,02 c

^{NS}, *, **, respectivamente, não significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F.

De forma geral, a maior variação do pH em água foi verificada no solo PVd, com valor médio de 5,10, enquanto no solo LVdf o pH foi de 5,43 (Tabela 2). Como o solo PVd apresenta menor poder tampão em comparação ao solo LVdf, ocorreu maior acidificação neste solo. Estas diferenças podem ser atribuídas ao poder tampão de cada solo, o qual, define como ocorre a resistência do solo à alteração do pH. Resultados semelhantes foram obtidos por Prochonow (2014), constataram que os solos se comportam como ácidos fracos tamponados com os íons H^+ ligados ao complexo de troca catiônica (T) do húmus e dos minerais de argila proporcionando o tamponamento da acidez ativa da solução do solo, por não possuir maior quantidade alta de argila, os solos arenosos têm baixa T e pouco efeito tampão reduzindo mais facilmente seu pH.

Em relação aos períodos de coleta de amostras de solo, a coleta realizada aos 90 DAA (Tabela 2) apresentou maior redução de pH (5,02) em comparação com as coletas realizadas aos 30 e 60 DAA, 5,45 e 5,32, respectivamente. Possivelmente, isto ocorreu devido a liberação gradual e lenta dos fertilizantes em virtude da sua composição química e da solubilidade dos diferentes fertilizantes fosfatados avaliados. Os fosfatos solúveis reagem com maior intensidade no solo, incrementando a fração de P disponível no solo, favorecendo a absorção pelas raízes, porém, nesta condição, a fixação é favorecida pela aplicação de altas doses em solos ácidos o que reduz a eficiência ao longo do tempo, já os fosfatos naturais liberam o nutriente de forma mais lenta, minimizando o processo de fixação (NOVAIS e SMYTH, 1999).

No entanto, Araújo (2001) relata que fertilizantes a base de termofosfato possuem liberação mais lenta, porém apresentam superioridade em relação as demais fontes fosfatadas, isso devido a função do seu processo tecnológico o qual não apresenta restrição quanto à pureza da matéria-prima e por apresentar efeitos benéficos como elevação do pH e dos teores de Ca, Mg, Si e alguns micronutrientes. Portanto, a liberação de P do termofosfato é mais lenta devido ele reagir apenas em ácido cítrico, diferente do superfosfato simples e superfosfato triplo que reagem em água sendo liberados mais rapidamente e tendo seu efeito no solo mais rápido (NOVAIS *et al.*, 2007).

Quanto a interação tipo de solo e coleta de solo, desdobrando as coletas dentro de cada tipo de solo (Tabela 3), pode-se observar que o LVdf, independente do período de coleta avaliado, apresentou as menores reduções do pH em comparação ao PVd, (0,44 e 0,41 unidades, respectivamente). Estes resultados podem ser atribuídos a composição mineralógicas e teor de argila de cada solo. Portanto, está resistência à mudança do pH está ligada ao poder tampão e diretamente ligada ao tipo de solo, no caso, o LVdf possui maior quantidade de óxidos de Fe e Al, tanto na forma cristalina como na forma amorfa, fazendo com que o ponto de carga zero (PCZ) destes minerais esteja na faixa de pH 5,5 a 6,0 independente do teor de bases, assim possuindo um maior poder tampão e maior liberação de H⁺ (JUO, 1980).

Tabela 3 - Valores médios de pH em água em função do tipo de solo e dos períodos de coleta de amostras em dois solos (LVdf e PVd). Toledo, PR

Coleta (dias)	Tipo de solo	
	LVdf	PVd
30	5,61 aA	5,29 bA
60	5,52 aA	5,12 bB
90	5,17 aB	4,88 bC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Desdobrando a interação tipo de solo dentro de cada coleta (Tabela 3), constatou-se que no LVdf, os valores foram iguais na coleta aos 30 e 60 DAA, variando apenas na coleta aos 90 DAA, enquanto que no PVd, o pH foi diferente nos três períodos de coleta avaliados (Tabela 3). Possivelmente, o poder tampão e a composição mineralógica de cada solo influenciou diretamente na atividade do íon H^+ nos solos estudados.

Para interação entre os tipos de fertilizantes e tipo de solo, desdobrando os fertilizantes dentro de cada solo (Tabela 4), pode-se observar que os valores de pH foram iguais para ambos os solos apenas a testemunha, enquanto que para os demais fertilizantes, o LVdf apresentou maiores valores de pH em comparação como o PVd (Tabela 4), isso ocorre devido ao maior poder tampão em comparação com o LVdf

Tabela 4 - Valores médios de pH em água em função do tipo de solo e dos diferentes fertilizantes fosfatados aplicado ao solo

Tipos de fertilizantes	Tipo de solo	
	LVdf	PVd
Testemunha	5,68 aA	5,60 aA
02-20-18	5,14 aC	4,79 bC
K-Mag	5,21 aC	4,79 bC
Superfosfato triplo	5,74 aA	5,44 bB
Procote	5,29 aC	4,65 bD
Superfosfato simples	5,53 aB	5,34 bB
Termofosfato Yoorin	5,64 aA	5,47 bB
MicroEssentials	5,14 aC	4,88 bC
Top-Phos	5,53 aB	4,86 bC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Em relação aos tipos de fertilizantes dentro de cada tipo de solo, os maiores valores de pH foram obtidos respectivamente com os fertilizantes superfosfato triplo, testemunha, termofosfato Yoorin, seguidos pelo superfosfato simples e Top-Phos e, como os piores resultados foram o Procote, K-Mag, 2-20-18 e o MicroEssentials (Tabela 4).

Esta variação encontrada entre os diferentes fertilizantes avaliados pode ser atribuída aos teores de nitrogênio (NH_4^+), potássio (K^+) e sulfato (SO_4^{2-}) nos fertilizantes. Pierre (1933) desenvolveu um procedimento de determinação pela associação oficial de químicos agrícolas dos Estados Unidos, onde são apresentados os índices de acidez e alcalinidade dos principais fertilizantes, a qual é atribuída ao processo de acidificação de cada fertilizantes causada por todo enxofre e cloro contido, sendo que o mesmo foi observado neste estudo para as formulações que continham cloro e enxofre ocorreu maior acidificação no solo. Em trabalho realizado por Raij (1991) no Brasil sugere que são os adubos nitrogenados que mais afetam a

acidez do solo e, dentre eles, o sulfato de amônio tem efeito acentuado. Por outro lado, sais neutros e superfosfatos, não alteram a reação do solo.

No LVdf, o fertilizante formulado 2-20-18 promoveu maior acidificação no solo, pois, além de conter nitrogênio (NH_4^+) em sua formulação, apresentou alto teor de K juntamente com a presença de S. Mello et al. (1979) relatam que fertilizantes contendo K em sua composição, tornam os solos mais ácidos, condições observadas neste trabalho.

Assim, fertilizantes contendo cloreto (Cl^-) e sulfato de potássio (K_2SO_4), o cátion K é absorvido pela planta e os ânions Cl^- e SO_4^{2-} originam ácido clorídrico (HCl) e ácido sulfúrico (H_2SO_4), respectivamente, que determinam também um decréscimo no pH do solo, além de que o cátion K deslocando o H^+ dos colóides do solo, colocando-o na solução do solo, o que vem a causar um aumento da acidez livre, baixando o pH (CATANI e GALLO, 1954).

Portanto, fertilizantes que apresentaram N, K e/ou S em sua composição acidificaram ambos os solos (Tabela 4). Por outro lado, os fertilizantes fosfatados, superfosfato triplo e termofosfato Yoorin apresentaram um menor poder de acidificação do solo devido não conter N, K, e/ou S em sua composição (Tabela 4).

Quanto a interação tipo de fertilizante e coleta de solo, o fertilizante Yoorin, observa-se que o pH se manteve com um maior índice de pH durante as três épocas de coleta (Tabela 5), devido não apresentar N e nem S em sua formulação e, ser um termofosfato de liberação lenta. Resultados parecidos foram encontrados por Azevedo Filho et al. (1988), constataram em seu trabalho que o termofosfato reduziu tanto a acidez ativa quanto a acidez trocável em ambos os solos, juntamente com o superfosfato triplo que não apresenta N e S em sua composição. Malavolta (1981) afirma que alguns termofosfatos apresentam óxido ou hidróxido de cálcio e nessas condições elevam o pH, o fertilizante utilizado apresentava 20 % de Ca, porém não ocorreu aumento no pH.

Fertilizantes que contem N em sua formulação durante sua transformação no solo pelos microrganismos, liberam H^+ e quando produzido libera um cátion trocável para a solução do solo, que é lixiviado com o ânion acompanhante, intensificando a acidificação do solo, sendo observado no presente trabalho que nas formulações contendo nitrogênio em sua composição houve maior acidificação ao decorrer das avaliações (VALE *et al.*, 1993). Malavolta (1981) afirma que o superfosfato simples e triplo não afeta a acidez do solo, quando bem curados o mesmo foi observado no trabalho onde os mesmos apresentam ótimos resultados.

Tabela 5 - Valores médios de pH em água em função dos períodos de coleta de amostras de solo e os diferentes fertilizantes fosfatados aplicado ao solo

Tipos de fertilizantes	Coleta de solo (dias)
------------------------	-----------------------

	30	60	90
Testemunha	5,81 aA	5,65 abA	5,46 bA
02-20-18	5,23 aC	5,10 aC	4,57 bD
K-MAG	5,15 aC	5,10 aC	4,74 bD
Superfosfato triplo	5,71 aA	5,64 abA	5,43 bA
Procote	5,09 aC	5,05 aC	4,78 bD
Superfosfato simples	5,69 aA	5,42 bB	5,21 bB
Termofosfato Yoorin	5,69 aA	5,60 abA	5,38 bA
MicroEssentials	5,26 aC	5,08 aC	4,70 bD
Top-Phos	5,44 aB	5,21 aC	4,94 bC

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de médias Scott-Knott a 5% de probabilidade.

O tratamento testemunha mesmo obtendo melhores resultados, ocorreu acidificação ao decorrer as três coletas (30, 60, 90 dias) (Tabela 5), isso se dá devido aos solos agrícolas apresentarem tendência natural de se acidificar quando não tratados convenientemente, de modo a evitar a ocorrência desse fenômeno (AZEVEDO FILHO *et al.*, 1988).

Conclusões

Fertilizantes fosfatados que em sua composição contém nitrogênio provocaram maior acidificação do PVd em comparação com o LVdf.

O termofosfato Yoorin e o superfosfato triplo apresentaram menor efeito acidificante que os demais fertilizantes fosfatados avaliados.

Os fertilizantes 2-20-18, Top-Phos, K-Mag, MicroEssentials e Procote provocaram maior acidez no PVd do que no LVdf.

Referências

ALCARDE, J. C.; GUIDOLIN, J. A.; LOPES, A. S. **Adubos e a eficiência das adubações**. Boletim Técnico, ANDA 3ed. São Paulo 1998.

ARAÚJO, I. B. **Fontes e modos de aplicação de fósforo e nutrição mineral do milho em primeiro cultivo**. 2001. 76 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade federal de Lavras, Lavras, 2001.

AZEVEDO FILHO, A. J. B. V.; FRANCO J. R. C. G.; MELLO, F. A. F.; ARZOLLA, S. **Efeito de três adubos fosfatados sobre a acidez de dois solos do município de Piracicaba**. An. ESALQ, Piracicaba, 45(parte 2): 479-498, 1988.

BASTOS, E. A.; CARDOSO, M. J.; MELO, F. B. de; RIBEIRO, V. Q.; ANDRADE, A. S. Doses e formas de parcelamento de nitrogênio para a produção de milho sob plantio direto. **Revista Ciência Agronômica**, v. 39, n. 2, p. 275 – 280, 2008.

BREVILIERI, R. C. **Adubação fosfatada na cultura da soja em Latossolo Vermelho cultivado há 16 anos sob diferentes sistemas de manejo**, 2013, f. 52. Dissertação (Mestrado

em Agronomia - Produção Vegetal). Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, 2013.

CATANI, R. A.; GALLO J. R. Efeitos determinados no solo pelo uso contínuo de fertilizantes. Boletim Técnico da Divisão de Experimentação e Pesquisas. Instituto agrônomo. **Bragantia**, v. 13, n. 6, 1954.

CAVIGLIONE, J.; KIIHL, L. R. B.; CARAMORI, P. H.; OLIVEIRA, D. **Cartas climáticas do Paraná. Londrina. IAPAR**, 2000. CD.

DIAS, V. P.; FERNANDES, E. **Fertilizantes: Uma visão global sintética**. Biblioteca digital, BNDS. 2006

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 5. ed. Brasília: EMBRAPA – CNPS, 2018.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 212p. 1997.

FRANCISCO, E. A. B.; PROCHNOW, L. I.; TOLEDO, M. C. M. de; FERRARI, V. C.; JESUS, S. L. de. Thermal treatment of aluminous phosphates of the crandallite group and its effect on phosphorus solubility. **Scientia Agricola**, v. 64, n.3, p. 269-274, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

JUO, A. S. R. **Mineralogical characteristics of alfisols and ultisols**. In: THENG, B.K.G., (Ed.). Soils with variable charge. Palmerston North, New Zeland Society of Soil Science, 1980. p.69-86.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola; adubos e adubação**. São Paulo: Ed. Agronômica Ceres, 1981, 596p.

MELLO, F. de A. F. de; CARDOSO, A.; ATHAYDE, M. L. F.; DE MATTÊ, M. E. P.; PITELLI, R. A.; ARZOLLA, S. Efeito da adição de potássio sobre o pH de alguns solos do estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 54, p. 23-4, 1979.

MELÉM JÚNIOR, N. J.; MAZZA, J. A.; DIAS, C. T. S.; BRISKE, E. G. Efeito de fertilizantes nitrogenados na acidificação de um Argissolo Vermelho Amarelo latossólico distrófico cultivado com milho. Amapá. **Ciência e Tecnologia**, Macapá, v. 2, n. 1, p. 75 - 89, 2001.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M. A.; BLOCH, M. F. **Análise química de tecido vegetal**. Londrina, Instituto Agrônomo do Paraná, 1992. 17p. (IAPAR Circular, 74).

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 1999. 399p.

NOVAIS, R. F.; ALVARES, V. H. 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, 2007 CDD 22. ed. 631.422.

PAIVA, P. J. R. **Parâmetros de fertilidade de um solo do Paraná sob diferentes sistemas de manejo**. 1990. 55f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Curso de Solos e Nutrição de Plantas, UFLA.

PROCHNOW, L. I. **Avaliação e manejo da acidez do solo**. Informações Agronômicas n° 146, junho de 2014.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo – Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. CDD 631.42.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado. Encarte técnico, Informações Agronômicas n° 102. **Potafos**, junho/2003.

TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; BENETT, C. G. S. Doses, fontes e épocas de aplicação de nitrogênio em trigo irrigado em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 8, p. 797 - 804, 2010.

VALE, F. R.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do Solo - Dinâmica e Disponibilidade de Nutrientes de Plantas**. Lavras, ESAL/FAEPE, 1993. 171 p.