

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO MARANHÃO - UEMA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOLOGIA
CURSO DE MESTRADO EM AGROECOLOGIA

CLEBSON SANTOS CÂNDIDO

**DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO**

São Luís - MA

2011

CLEBSON SANTOS CÂNDIDO

Engenheiro Agrônomo

**DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO
SOLO**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de mestre em Agroecologia.

Orientadora: Profa. Dra. Alana das Chagas Ferreira Aguiar.

São Luís - MA

2011

Cândido, Clebson Santos.

Dinâmica do fósforo em diferentes sistemas de manejo do solo / Clebson Santos Cândido.– São Luís, 2011.

34 f.

Dissertação (Mestrado) – Curso de Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão, 2011.

Orientador: Profa. Dra. Alana das Chagas Ferreira Aguiar

CLEBSON SANTOS CÂNDIDO

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Estadual do Maranhão, para a obtenção do título de mestre em Agroecologia.

Aprovado em: _____/_____/_____

Comissão Julgadora:

Profa. Dr^a. Alana das Chagas Ferreira Aguiar - UFMA

Prof. Dr^a. Ana Maria Silva de Araújo - UEMA

Prof. Dr. Christoph Gehring - UEMA

São Luís - MA

2011

AGRADECIMENTOS

A Deus por está presente em todos os momentos da minha vida

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, pela oportunidade e espaço concedido para a realização deste curso.

À minha orientadora Alana das Chagas Ferreira Aguiar e ao professor Emanuel Gomes de Moura, pelo apoio necessário a execução deste trabalho.

À minha família, Kerlly Suenne Leite Cândido (esposa) e Filipe Leite Cândido (filho).

À minha mãe, Maria Celeste Santos, pelo exemplo de vida e dedicação.

A todos os colegas do curso de mestrado, de forma especial a Évila de Castro Costa, Edilaine da Silva Marques e Tércia, por todo apoio em todas as etapas desse trabalho.

.

Ao químico João Reis pela realização das análises químicas.

A todos aqueles que contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Pág.
CAPITULO I	04
DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	
I. Introdução geral	04
II. Referencial teórico	05
1. Formas de fósforo no Solo.....	05
2. Estimativa das Formas de Fósforo no Solo	07
3. Dinâmica do Fósforo com o Manejo do Solo	09
Referências Bibliográficas	11
CAPITULO II	15
DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO	
RESUMO.....	15
ABSTRACT.....	16
INTRODUÇÃO.....	17
MATERIAL E MÉTODOS.....	18
RESULTADOS.....	23
CONCLUSÕES.....	30
LITERATURA CITADA	31

CAPITULO I

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

I-Introdução Geral

O fósforo é tido como um nutriente que apresenta pouca mobilidade e maior concentração nas camadas superiores do solo, geralmente associado com a matéria orgânica, porém pode ser perdido via escoamento superficial ou se desloca tanto para os lençóis freáticos quanto para as águas superficiais, sendo finalmente transportado para águas oceânicas costeiras, assim como, formas de sais de baixa solubilidade e , é fortemente retido pelo Ca, Fe e Al ficando indisponível para as plantas (Ceretta et al, 2010). Em condições de clima tropical, a alta reatividade do P com o solo tem sido considerada a principal limitação para a produção agrícola.

O problema da baixa disponibilidade de fósforo e fitotoxicidade de alumínio podem ser mitigados por uso de fertilizantes fosfatados e calcário. No entanto, a adubação fosfatada não é prática comum entre os produtores rurais familiares, principalmente por causa dos custos elevados (Opala et al.,2010). Para superar a deficiência de adubação fosfatada em solos do trópico úmido, tornam-se necessárias alternativas de manejo que aproveitem eficientemente o P nativo do solo. O conhecimento da capacidade do solo de repor o P disponível às plantas seria um dos fatores que ajudariam a definir melhor esses manejos.

Uma estratégia para a compreensão da dinâmica do P é dividi-lo em frações, pelo uso de soluções extratoras de diferentes composições e capacidades de extração, dada a complexidade do comportamento deste nutriente no solo (Silva & Raij, 1999).

Em solos do trópico úmido, o conhecimento da natureza e da distribuição das formas de P no solo pode fornecer informações importantes para o processo de avaliação da disponibilidade do P em função do manejo de solo adotado.

O objetivo deste trabalho foi estudar as diferentes formas de P em solos sob diferentes sistemas de produção.

II- Revisão Bibliográfica

1. Formas de Fósforo no Solo

O fósforo do solo, de interesse agrônômico e ambiental, é constituído por compostos derivados do ácido ortofosfórico e, menos comumente, dos pirofosfatos, sendo as apatitas os minerais primários fosfatados, que são liberados das rochas durante a intemperização dos solos, e resultam em minerais secundários mais estáveis termodinamicamente, ou incorporados a compostos biologicamente (Santos et al., 2008).

Os minerais fosfatados primários são a fonte de fósforo nos sistemas naturais. O fósforo retido nesses minerais primários passa a ser utilizado pelos organismos vivos, após o rompimento da estrutura cristalina das apatitas. O rompimento desses minerais primários ocorre mediante intemperização, que depende dos fatores e processo de formação do solo durante a pedogênese. O fósforo é liberado para a solução do solo e readsorvido aos colóides, mas parte dele é absorvido pelos organismos e pelas plantas (Gatiboni, 2003).

Devido às condições de intenso intemperismo, os solos de regiões tropicais apresentam reduzida fração de P biodisponível, muitas vezes abaixo das exigências mínimas das culturas. Essa característica está associada à capacidade que os solos tropicais têm em reter o P na fase sólida, na forma de compostos de baixa reatividade. Contudo, os sistemas de cultivo e o manejo da adubação fosfatada podem influenciar o potencial de suprimento do nutriente no solo e o seu aproveitamento pelas culturas (Sousa & Lobato, 2003).

As plantas retiram P dos solos principalmente como íons fosfatos (H_2PO_4^- e HPO_4^{2-}), cuja disponibilidade dependem da solubilização dos fosfatos naturais e da mineralização de P orgânico pelas fosfatases, enzimas chaves que atuam na hidrólise de P orgânico em íons ortofosfato, sendo esta uma estratégia adaptativa de plantas para ativar e utilizar o P orgânico em condições de deficiência (Zhang et al., 2010).

O fósforo do solo é dividido em dois grandes grupos, fósforo inorgânico e fósforo orgânico, dependendo da natureza do composto a que está ligado. Dentro destes dois grupos, as formas de fósforo são de difícil identificação devido à infinidade de reações dos compostos de fósforo do solo.

O primeiro grupo refere-se ao fósforo inorgânico que é o menos móvel dos principais nutrientes na maioria dos solos e frequentemente o principal fator limitante para o crescimento de plantas nos ecossistemas terrestres (Devau et al., 2009).

O Fósforo inorgânico (Pi) pode ser encontrado em solução (P-solução), precipitado com Al, Fe e Ca ou adsorvido aos óxidos de Fe e Al da fração argila, ambos em equilíbrio com a solução e compondo a fração lábil de P do solo (P lábil)(Souza et al., 2007).

A adsorção do fosfato aos oxihidróxidos de ferro e alumínio ocorre, principalmente, nas formas de baixa cristalinidade e com alto desbalanço de cargas. Esta adsorção ocorre nos sítios ácidos de Lewis, onde grupos OH⁻ e OH₂⁺ ligados monocordenadamente ao metal (Fe ou Al) são trocados pelo fosfato, caracterizando o fenômeno conhecido como troca de ligantes.

Gatiboni (2003) relata que o fósforo inorgânico do solo pode ocorrer em várias formas, com diferentes energias de ligação aos íons e colóides do solo, dependendo do grau de intemperização e uso do solo. Como apenas uma pequena parte do fósforo é disponibilizada às plantas, a estimativa do fósforo total não informa sobre biodisponibilidade do elemento e se faz necessário o conhecimento das suas formas predominantes.

Segundo Rheinheimer (2000), o sistema sob plantio direto proporcionou um aumento de P nas camadas superficiais, principalmente nas formas inorgânicas disponíveis e moderadamente disponíveis, permitindo a manutenção de teores de P na solução do solo mais elevados do que no preparo convencional.

Para que haja melhor entendimento das condicionantes da disponibilidade de P, vários métodos têm sido desenvolvidos para fracionar suas formas no solo e, com isso, estudar suas transformações. O método proposto por Hedley et al.(1982) apresenta como vantagem a obtenção de informações sobre a disponibilidade de P a curto e longo prazos, por meio da determinação dos teores das frações de P com vários graus de disponibilidade para as plantas (Santos et al., 2008), além de quantificar o P orgânico lábil no solo (Tokura et al., 2002).

O segundo grupo é o fósforo orgânico, que pode constituir de 20 a 80% do fósforo total do solo e é extremamente relevante nos solos tropicais, pois atua

ativamente na disponibilidade de fósforo às plantas (Tiessen et al., 1984; Cross & Schilesinger, 1995) e deve ser levado em consideração em estudos envolvendo a sua dinâmica e a biodisponibilidade.

O fósforo orgânico (Po) é formado pelos íons fosfatos, ligados aos compostos orgânicos e, sua labilidade está diretamente relacionada à suscetibilidade de decomposição do radical orgânico ao qual o fosfato está ligado (Gatiboni et al., 2008). O fósforo orgânico é abundante no solo e sua ciclagem pode suprir uma considerável fração de fósforo retomado pela vegetação natural (Turner, 2008).

Segundo Martinazzo et al.(2007), em solos onde predominam caulinita e óxidos de Fe e Al , como nos Latossolos, o processo de adsorção diminui a quantidade de P inorgânico na fração lábil, devido à alta energia de ligação entre o ânion fosfato e os grupos funcionais da superfície mineral. Nesses solos, a mineralização do P orgânico pode ser uma importante fonte de P às plantas (Gatiboni et al., 2005).

A absorção de fósforo pelos microrganismos cria outro compartimento no solo, o P microbiano, que é o fósforo imobilizado pela BMS e pode representar de 2 a 24% do fósforo orgânico do solo (Brookes et al., 1984). A biomassa microbiana do solo (BMS) utiliza-se dos resíduos orgânicos para adquirir carbono, energia, elétrons e nutrientes (Tsai et al., 1992). O fósforo microbiano pode funcionar como um amortecedor dos fenômenos de adsorção, imobilizando temporariamente o fósforo e evitando assim sua adsorção específica aos colóides inorgânicos do solo (Tate et al., 1991).

A mineralização acelerada de P orgânico causada pelo manejo inadequado do solo resulta em agravamento das deficiências desse nutriente, uma vez que o ortofosfato vai passando de formas inicialmente lábeis para formas cada vez menos disponíveis (Fraga & Salcedo, 2004).

2. Estimativa das Formas de Fósforo no Solo

A base teórica para a estimativa das formas de fósforo no solo por diferentes extratores foi apresentada por Chang & Jackson (1956), presumindo que a utilização de diferentes extratores poderia, devido ao seu modo de ação, extrair seletivamente as diferentes formas de fósforo. O método de Chang & Jackson (1956) permite classificar o fósforo do solo em quatro grandes grupos, fosfatos de alumínio, fosfatos de ferro,

fosfatos de cálcio e fosfatos oclusos. Porém, esta técnica não identifica separadamente as formas orgânicas e, principalmente, não estima a labilidade das formas extraídas.

Estudos sobre frações e acúmulo de P em solos têm sido realizados no Brasil como uso da técnica de fracionamento químico proposta por Hedley et al.(1982).Essa técnica usa extratores químicos aplicados sequencialmente em uma mesma amostra, para remoção progressiva das frações mais disponíveis até as mais estáveis de P inorgânico (Pi) e orgânico (Po). A resina trocadora de ânions (RTA) inicia o fracionamento com a extração de frações lábeis de P inorgânico (Pi-resina). O fracionamento continua com uso de NaHCO₃ que também extrai formas lábeis de P inorgânico e orgânico (Pi-bicarbonato e Po-bicarbonato). Segundo Gatiboni et al.(2007), o P extraído por esses extratores pertence a frações que contribuem ativamente para o fornecimento do nutriente às plantas ou para sua transferência no ambiente, pelas águas de deflúvio ou de percolação.

Na seqüência, o P é extraído pelo NaOH 0,1 mol.L⁻¹ (Pi-hidróxido e Po-hidróxido) e NaOH 0,5 mol.L⁻¹ (Pi-hidróxido 0,5 e Po-hidróxido 0,5) que representam, em geral, o P inorgânico ligado aos óxidos e às argilas silicatadas, com energia de ligação intermediária, e o P orgânico de frações moderadamente lábeis (Cross & Schlesinger, 1995). O HCl extrai o P inorgânico contido nos fosfatos de cálcio e fortemente adsorvido aos colóides. A digestão do solo com H₂SO₄ e H₂O₂ finaliza o processo de fracionamento com extração do P residual inorgânico + orgânico (P residual) do solo, caracterizado por frações recalcitrantes de P, que não contribuem para a nutrição das plantas a não ser em situações de extrema deficiência no solo (Gatiboni et al., 2005). As frações orgânicas (Po) são determinadas pela diferença entre o P total e o Pi nos extratos alcalinos.

A técnica do fracionamento proposta por Hedley e seus colaboradores sofreu várias modificações, para facilitar sua exequibilidade e para adequá-la aos aparatos laboratoriais disponíveis e necessários para sua realização. Dentre elas, na ausência de aparelho de ultrassom, pode-se substituir a extração com NaOH 0,1 mol.L⁻¹ + ultrasonificação por extração com NaOH 0,5 mol.L⁻¹ (Condrón et al., 1985).

Estudos que utilizam o fracionamento de Hedley têm mostrado que as frações inorgânicas e orgânicas de P no solo podem atuar como fonte ou dreno para a solução

do solo, dependendo das suas características mineralógicas, das condições ambientais e da fertilização e do manejo do solo (Novais & Smith, 1999).

Com base no fracionamento químico de P, observa-se que a adição de fertilizantes fosfatados ao solo resulta em acúmulo mais pronunciado de P nas frações inorgânicas, com diferentes graus de energia de ligação (Daroub et al., 2000; Santos et al., 2008; Pavinato et al., 2009).

As técnicas de fracionamento visam à identificação das formas preferenciais com que o fósforo é retido no solo, sua ocorrência e magnitude com que contribuem para a capacidade de suprimento de fósforo às plantas (Gatiboni, 2003).

3. Dinâmica do Fósforo com o Manejo do Solo

A compreensão dos fenômenos básicos da dinâmica do fósforo no solo é importante para a tomada de decisão sobre a necessidade de adição e para a definição das doses e dos modos de aplicação de fertilizantes fosfatados (Santos et al., 2008). Com a aplicação de adubos fosfatados e conseqüente adsorção aos colóides, o manejo do solo passa a ter papel importante no prolongamento da sua labilidade, pois algumas práticas podem ser adotadas para diminuir a sua adsorção específica, como o não revolvimento do solo, controle de erosão e a manutenção da cobertura vegetal do solo. A adsorção do P ocorre primeiramente nos sítios mais ávidos pelo elemento e, posteriormente, o P remanescente é redistribuído em frações retidas com menor energia de ligação, de maior biodisponibilidade (Rheinheimer & Anghinoni, 2001).

O manejo do solo provoca transformações entre os vários pools (reservatórios de P) e, a distribuição dentro destes pools é uma indicação do potencial de ciclagem do solo, que pode ser diferente para várias práticas de manejo da terra ao longo do tempo (Castillo & Wright, 2008).

A decomposição dos resíduos orgânicos adicionados ao solo libera ácidos orgânicos que são responsáveis pela dissolução do fósforo adsorvido ao solo (Dick & Iyamuremye, 1996). Os ácidos orgânicos são capazes de solubilizar os minerais fosfatados durante o processo de intemperismo e, portanto liberar os grupos fosfatos ligados aos minerais.

Vione et al.(1996), relata que, em Latossolos vermelho-escuro, sob plantio direto a redução no preparo favoreceu o acúmulo de formas de P mais lábeis, enquanto no cultivo convencional o preparo causou maior contato solo-fertilizante, favorecendo as reações com os constituintes inorgânicos do solo, tornando o P menos disponível para as plantas.

Guo et al (2000) realizaram experimento em casa de vegetação utilizando solos com moderado e alto grau de intemperismo, nos quais realizaram quatorze cultivos sucessivos de milho ou soja, com prévia adição de fósforo para elevar o teor na solução do solo a $0,2 \text{ mg.L}^{-1}$. Em solos pouco intemperizados, a depleção das formas lábeis de fósforo inorgânico (extraídos por resina e NaHCO_3) pela absorção pelas plantas foi tamponada pelas frações menos lábeis (extraídas por HCl e fósforo residual). Já nos solos altamente intemperizados, o tamponamento foi feito pelas frações Po-bicarbonato e Pi-hidróxido.

Estudos realizados por Gatiboni et al.(2007) comprovaram que a longo prazo, todas as formas de P no solo atuam na biodisponibilidade do P, porém a liberação de P pelas formas recalcitrantes acontece em quantidades e velocidades insuficientes para a absorção pelas plantas.

Xavier et al.(2009) constataram que o manejo orgânico do solo promoveu um aumento nas formas disponíveis de P por evitar e/ou diminuir as taxas de transformação de Pi em formas menos lábeis de P. Ainda observaram que o uso de adubação verde promoveu aumento no pool mais lábil de P. A aplicação de fosfato solúvel em superfície de solo argiloso cultivado sob plantio direto aumenta o conteúdo de P microbiano (Matinazzo et al.,2007).

A estimativa da disponibilidade do fósforo do solo para manejo da adubação, em solos intemperizados, torna-se complexa em função da baixa correlação entre os teores extraídos pelos extratores de rotina e a absorção pelas plantas (Couto et al. (1985), Sattel & Morris (1992) e Kroth (1998)). Assim se faz necessário o conhecimento da dinâmica da dessorção das formas de fósforo retidas com maior energia e ditas menos disponíveis às plantas para incluí-las como parâmetros para estimar a disponibilidade de fósforo do solo às plantas.

Referências Bibliográficas

ARAÚJO, M.S.& SALCEDO,I.H. Formas preferenciais de acumulação de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar na região nordeste. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.21, p.643-650, 1997.

BROOKES, P. C.; POWLSON, D. S.; JENKINSON, D. S. Phosphorus in the microbial biomass. Soil Biology and Biochemistry, Heidelberg, v. 16, p. 169-175, 1984.

CASTILLO, M.S. & WRIGHT, A.L. Soil phosphorus pools for Histosols under sugarcane and pasture in the Everglades, USA. Geoderma, v.45, p.130-135, 2008.

CERETTA, C.A.; LORENSINI, F.; BRUNETTO, G.; GATIBONI, L.C. Frações de fósforo no solo após sucessivas aplicações de dejetos de suínos em plantio direto. Pesq.Agropec.Bras.Brasília,v.45,n.6,p.593-602,jun 2010.

COSTA, M.G. Avaliação da resposta de três classes de solo ao uso de fontes alternativas de corretivo da acidez e de fósforo. São Luis, Universidade Estadual do Maranhão, 2011.65p.(Dissertação de mestrado).

CROSS, A.F. & SCHLESINGER, W.H. A literature review and evaluation of the Hedley fractionation:Applications to the biogeochemical cycle of soil phosphorus in natural ecosystems.Geoderma,64:197-214,1995.

DAROUB, S.H.; PIERCE, F.J.; ELLIS, B.G. Phosphorus fractions and fate of phosphorus-33 in soils under plowing and no-tillage. Soil Science Society of America Journal, v.64, p.170-176, 2000.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M & NEWMAN, R.H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by P³¹ nuclear magnetic resonance analysis. J.Soil Sci., 36:99-207, 1985.

DEVAU, N.; CADRE, E.L.; HINSINGER, P.; JAILLARD, B.; GÉRARD, F. Soil pH controls the environmental availability of phosphorus:Experimental and mechanistic modeling approaches.Applied Geochemistry, v.24, p.2163-2174, 2009.

FRAGA, V.S. & SALCEDO, I.H. Declines of organic nutrient pools in tropical semi-arid soils under subsistence farming. *Soil Science Society American Journal.*, v.68, p.215-224, 2004.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S. & SAGGIN, A. Quantificação do fósforo disponível por extrações sucessivas com diferentes extratores em Latossolo Vermelho distroférrico. *R. Bras. Ci. Solo*, 26:1023-1029, 2002.

GATIBONI, L.C. Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2003. 231 p. (Tese de doutorado)

GATIBONI, L.C.; RHEINHEIMER, D.S.; FLORES, A.F.C.; ANGHINONI, I.; KAMINSKI, J. & LIMA, M.A.S. Phosphorus forms and availability assessed by P₃₁-NRM in successive cropped soil. *Comm. Soil. Sci. Plant Anal.*, 36:2625-2640, 2005.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D.S.; BRUNETTO, G. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatases ácidas durante a diminuição do fósforo disponível no solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43.n.8, p.1085-1091, 2008.

GUO, F.; YOST, R. S.; HUE, N. V.; EVENSEN, C. I.; SILVA, J. A. Changes in phosphorus fractions under intensive plant growth. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v. 64, p. 1681-1689, 2000.

HEDLEY, M.J.; STEWARD, W.B.; CHUAUHAN, B.S. Changes in inorganic and organic soil phosphorus fraction induced by cultivation practices and laboratory incubation. *Soil Science Society American Journal.*, n.46, p.970-976. 1982.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R.P. Organic amendments and phosphorus sorption by soils. *Advances in Agronomy*, v.56: 139-185, 1996.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C.; BRUNETTO, G.; KAMINSKI, J. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à adição de fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. v.31, p.563-570, 2007.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. Fósforo em solo e planta em condições tropicais. Ed. UFV, Viçosa-MG. 399 p., 1999.

OPALA, P.A; OKALEBO, J.R.; OTHIENO, C.O.; KISINYO, P. Effect of organic and inorganic phosphorus sources on maize yields in acid soil in western Kenya. *Nutrient Cycling Agroecosystems*, v.86, p.317-329, 2010.

PAVINATO, S.P.; MERLIN, A.; ROSOLEM, C.A. Phosphorus fractions in Brazilian Cerrado soils as affected by tillage. *Soil & Tillage Research*, v.105, p.149-155, 2009.

RAIJ, B.van. *Fertilidade do solo e adubação*. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1991.343p.

RHEINHEIMER, D.S. *Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos*. Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2000.210p. (Tese de Doutorado).

SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. *Ciência Rural*, v.38, n.2, p.576-586, 2008.

SANTOS, J.Z.L.; FURTINI NETO, A.E.; RESENDE, A.V.; CURI, N.; CARNEIRO, L.F.; ANDRADE COSTA, S.E.V. Frações de fósforo em solo adubado com fosfatos em diferentes modos de aplicação e cultivado com milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, n.32, p.705-714, 2008.

SOUSA, D.M.G & LOBATO, E. *Adubação fosfatada em solos da região do Cerrado*. Piracicaba, Potafos, 2003.16p. (Informações Agronômicas, 102).

SOUZA, R.F.; FAQUIN, V.; ANDRADE, A.T.; TORRES, P.R.F. Formas de fósforo em solos sob influência da calagem e adubação orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.31, p.1535-1544, 2007.

TATE, K. R.; SPEIR, T. W.; ROSS, D. J. et al. Temporal variations in some plants and soil P pools in two pasture soils of widely different P fertility status. *Plant and Soil*, Dordrecht, v 132, p. 219-232, 1991.

TIESSEN, H.; STEWART, J.W.B. & COLE, C.V. Pathways of phosphorus transformations in soils of differing pedogenesis. *Soil Science Society American Journal*, v.48, p.853-858, 1984.

TOKURA, A.M.; FURTINI NETO, A.E.; CURI, N.; FAQUIN, V.; KURIHARA, C.H & ALOVISI, A.A. Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo. Pesquisa Agropecuária Brasileira. n.7,p.1467-1476,2002.

TSAI, S. M.; BARAIBAR, A. V. L.; ROMANI, V. L. M. Efeito de fatores do Solo. In: CARDOSO, E. J. N. B.; TSAI, S. M.; NEVES, M. C. P. (Eds.). Microbiologia do solo. SBCS. Campinas, 1992, p. 59-72.

TURNER, B.L. Resource partitioning for soil phosphorus: a hypothesis. Journal of Ecology, v.96, n.3, p.698-702, 2008.

XAVIER, F.A.S.; OLIVEIRA, T.S; ANDRADE, F.V.; MENDONÇA, E.S. Phosphorus fractionation in a sandy soil under organic agriculture in Northeastern Brazil. Geoderma, v.151, p.417-423, 2009.

ZHANG, H.W.; HUANG, Y.; YE, X.S.; XU, F.S. Analysis of the contribution of acid phosphatase to P efficiency in Brassica napus under low phosphorus conditions. Science China Life Sciences, v.53, n.6, p.709-717, 2010.

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO ⁽¹⁾

Clebson Santos Cândido ⁽²⁾, Alana das Chagas Ferreira Aguiar ⁽³⁾, & Emanuel Gomes de Moura ⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Parte da Dissertação de Mestrado do primeiro autor. Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão – UEMA. Recebido para publicação em _____ de 2011 e aceito em / / .

⁽²⁾ Mestrando em Agroecologia, Universidade Estadual do Maranhão - UEMA, Cx. Postal 09, CEP: 65054-970, São Luís (MA). E-mail: cleagro@hotmail.com

⁽³⁾ Professor Adjunto I, CCAA/Universidade federal do Maranhão – UFMA, PPG-Agroecologia, UEMA. E-mail: alanaaguiar@elo.com.br

⁽⁴⁾ Professor adjunto III, PPG-Agroecologia, UEMA. E-mail: egmoura@elo.com.br

CAPÍTULO II

DINÂMICA DO FÓSFORO EM DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO DO SOLO

Resumo:

As formas e o grau de labilidade do fósforo variam com as características e propriedades do solo. O objetivo deste trabalho foi estudar, pelo método de extração seqüencial, as alterações das formas de P em amostras de solo sob sistema de plantio direto sob cultivo em aléias com seis anos de implantação; plantio direto sob cultivo em aléias com três anos de implantação; área sob pastagem; área de solo com aração; e uma área de capoeira. O método de fracionamento de P desenvolvido por Hedley et al.(1982) foi eficiente para avaliar os efeitos do manejo na dinâmica das alterações das formas de P no solo. Os resultados demonstram que no sistema de cultivo em aléias há predominância das formas inorgânicas de P- lábil e P-moderadamente lábil. As maiores frações de fósforo orgânico (Po) foram encontradas no sistema de cultivo sob pastagem cultivada.

Palavras-chave: formas de fósforo, fracionamento de fósforo, sistemas de cultivo.

PHOSPHORUS DYNAMICS IN DIFFERENT SOIL MANAGEMENT SYSTEMS

Abstract:

The forms and availability of phosphorus vary with the soil characteristics and properties. The objective of this study was, by sequential extraction, changes in forms of P in the soil under no-tillage system under alley cropping with six years of implementation; tillage in alley cropping with three years of implementation; pasture area, area of soil with tillage, and an area of scrub. The P fractionation method developed by Hedley et al. (1982) was efficient to evaluate the effects of management changes in the dynamics of the forms of P in the soil. Results showed that in the alley cropping system were predominant forms of inorganic labile and moderately of P. Higher fractions of organic phosphorus (Po) were found in the system of cultivation under pasture.

Keywords: phosphorus forms, phosphorus fractionation, cropping systems.

1. Introdução

No trópico úmido, as condições socioambientais representam o maior desafio para pesquisadores, principalmente, para os que se dedicam à implantação de sistemas agrícolas sustentáveis, pois em uma mesma região, associam-se solos constituídos principalmente de areia e silte, altamente intemperizados de baixa capacidade de retenção de cátions, estrutura frágil e difícil drenagem interna, reduzida fertilidade natural, elevadas temperaturas e precipitação pluvial (mais de 2.000 mm anuais) (Moura et al., 2008). Nessa região, além das adversidades naturais, características ligadas ao uso e manejo dos solos, também contribuem para a deterioração e degradação dos solos.

A deficiência de fósforo em solos tropicais decorre das fortes interações desse nutriente com os colóides do solo que produz alta capacidade de fixação e conseqüentemente baixa disponibilidade do nutriente às plantas (Novais et al., 2007; Amorim et al., 2008). A mobilidade de fósforo nestes solos é controlada por interações com a matriz do solo (Shaheen et al., 2009).

Para entender melhor a dinâmica do fósforo em solos, é necessário conhecer as diferentes frações do elemento, mediante a utilização seqüencial de diferentes soluções extratoras. O conhecimento da natureza e da distribuição dessas frações pode fornecer informações importantes para a avaliação da disponibilidade do fósforo no solo (Rocha et al., 2005).

O fracionamento do P do solo tem sido utilizado para estudar as diferentes frações do elemento. O método proposto por Hedley et al. (1982) tem como vantagem o fato de relacionar as formas de P no solo à sua disponibilidade para as plantas, além de quantificar o P orgânico lábil no solo (Tokura et al., 2002).

Este método determina várias frações de P no solo com um grau decrescente de disponibilidade às plantas: formas de P extraídas por resina e bicarbonato de sódio são consideradas frações mais lábeis; em seguida, vêm às extraídas por hidróxido de sódio, que são frações moderadamente lábeis, incluindo P associado a óxidos de Al e Fe; depois, as extraídas por ácido estão ligadas à apatita e outros fosfatos de Ca menos reativos; finalmente o P determinado por uma digestão peróxido/sulfúrica representa o fosfato mais recalcitrante, que não pode ser extraído nas frações anteriores (Araújo et al., 2004).

Nesse contexto, estudos que visem à determinação das diferentes frações de P no solo possibilitam conhecer o comportamento do nutriente, podendo, dentro do sistema de produção adotado, indicar um manejo mais eficiente da adubação. O objetivo deste trabalho foi estudar as diferentes formas de P em solos sob diferentes sistemas de produção.

2. Material e Métodos

Foram selecionados solos representativos em áreas do assentamento “Tico-Tico”, localizado no município de Miranda do Norte - MA, a 3° 36' de latitude sul e 45° 24' de longitude oeste, totalizando uma área de 332,43 ha. O clima é caracterizado como sub-úmido (C₂), com temperatura média anual superior a 27°C, a umidade relativa (UR) do ar oscila entre 76% a 79% e a precipitação pluviométrica entre 1600 a 2000 mm anuais, dos quais mais de 80% ocorrem de janeiro a maio, conferido duas estações bem definidas, uma seca e outra chuvosa.

Cinco áreas adjacentes com diferentes sistemas de manejo foram usadas para a retirada das amostras de solo, e cada um desses sistemas representou um tratamento, listados a seguir: plantio direto sob cultivo em aléias com seis anos de implantação; plantio direto sob cultivo em aléias com três anos de implantação; área sob pastagem; área de solo com aração; e uma área de capoeira. O tratamento com aração está localizado em uma área sujeita a alagamento no período chuvoso, e é constituída por PLINTOSSOLO pétrico concrecionário, e as demais áreas, constituídas pelo PLINTOSSOLO ARGILÚVICO distrófico típico A moderado, textura média (Embrapa, 2006). A composição granulométrica do solo para a área de estudo é apresentada no quadro 1. As coletas do solo foram realizadas em fevereiro de 2009, no início do período chuvoso. Foram coletadas vinte amostras simples por área, na profundidade de 0-5 e 5-10 cm, com o auxílio do trado, onde em cada área, demarcou-se um quadrante de aproximadamente 50 m x 25 m, amostrando-se os pontos em forma de um W padrão. Após a coleta, as amostras foram secas ao ar, destorroadas, homogeneizadas e passadas por peneira de 2 mm de malha (Terra Fina Seca ao Ar - TFSA).

No início de 2002, a capoeira foi desmatada e em seguida aplicou-se calcário em superfície para a implantação do sistema de cultivo em aléias (seis anos), em um terreno plano de 1,0 ha com *Clitoria fairchildiana* (sombreiro), uma leguminosa arbórea nativa.

O outro sistema de cultivo em aléias (três anos) foi preparado em dezembro de 2005, efetuando-se a queima da capoeira de aproximadamente cinco anos. O cultivo em aléias formado por fileiras de leguminosas arbóreas como *Clitoria fairchildiana* foi cultivado no espaçamento de 0,5 m entre plantas e 2,6 m entre fileiras, totalizando 44 fileiras. Nesse sistema, as leguminosas foram podadas anualmente a 0,5 m do solo e seus ramos espalhados para manutenção da cobertura do solo. Nas entrelinhas das fileiras das leguminosas foram plantadas as culturas anuais (arroz, milho, mandioca, curcubitáceas e feijão caupi). Na área de solo arado, foi realizada uma aração e posteriormente, cultivou-se a cultura de arroz. A capoeira é constituída pela vegetação nativa, como *Atalea speciosa* (babaçu), *Astrocaryum vulgare* (tucum), entre outras. A área de pastagem é constituída principalmente pela *Digitaria horizontalis* Willd. (capim colchão), *Cyperus flavus* (tiririca) e outras espécies da família Cyperaceae.

Tabela 1. Granulometria e densidade dos solos estudados.

Sistemas de uso da terra	Profundidade cm	Areia grossa	Areia fina	Silte	Argila
		2,00-0,25 mm	0,25-0,05 mm	0,05-0,002 mm	< 0,002 mm
		-----g kg ⁻¹ -----			
Pastagem	0-5	13,00	300,00	573,00	80,00
	5-10	23,00	317,00	560,00	100,00
Capoeira	0-5	100,00	220,00	607,00	73,00
	5-10	27,00	243,00	617,00	113,00
Solo arado	0-5	133,00	216,00	466,00	127,00
	5-10	173,00	200,00	507,00	120,00
Aléias 3 anos	0-5	20,00	250,00	560,00	170,00
	5-10	20,00	190,00	630,00	160,00
Aléias 6 anos	0-5	13,00	213,00	410,00	180,00
	5-10	13,00	223,00	547,00	223,00

Para as análises químicas, o solo foi analisado quanto aos teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), potássio (K), fósforo (P), pH em CaCl₂, e acidez potencial (H+Al), segundo metodologia IAC (2001), nas profundidades de 0-5 e 5-10 cm. A soma de bases (SB) foi obtida pela fórmula: Ca + Mg + K. A capacidade de troca de cátions (CTC) a pH 7 do solo foi obtida pela fórmula: Ca + Mg + K + (H+Al) e a percentagem de saturação por bases (V%) por SB/ CTC x 100.

Na determinação das formas de P, utilizou-se o método de Hedley et al.(1982) com as modificações propostas Condron et al.(1985), descritas a seguir. Amostras de 0,500 g de solo foram pesadas em tubo de ensaio de 10 mL, iniciando-se o fracionamento com resina trocadora de ânions (RTA), e seqüencialmente, utilizando-se os extratores NaHCO_3 0,5 mol l⁻¹, NaOH 0,1 mol.L⁻¹, HCl 1,0 mol.L⁻¹ e NaOH 0,5 mol.L⁻¹. As formas de fósforo determinadas no solo foram (1) formas lábeis de P, isto é, P disponível (P-resina) e o P adsorvido à superfície dos colóides (Pi+Po)- NaHCO_3 0,5 mol.L⁻¹; (2) formas pouco lábeis de P, que compreendem o P inorgânico ligado a Fe e a Al, e o P orgânico ligado a compostos húmicos (Pi+Po)- NaOH 0,5 mol.L⁻¹; (3) formas não lábeis de P, que incluem o P ligado a Ca (P- ácido) extraído com HCl 0,1 mol.L⁻¹.

Na extração do P-resina, foram confeccionados saquinhos de polietileno de 400 µm de malha, nos quais se colocou 0,5 g de resina Amberlite IRA-400 (ânions). Para a extração do fósforo da resina utilizou-se a solução extratora (NH_4Cl 0,8M+ HCl 0,2M) (IAC, 2001).

Após a extração do P-resina, adicionou-se 10 mL de solução extratora de NaHCO_3 ao solo, procedendo-se agitação dos tubos, dispostos de forma horizontal, durante 16 horas em mesa agitadora. Ao término da agitação, procedeu-se a centrifugação a 2000 rpm por 30 minutos, separando-se o sobrenadante para determinação de Pi- bicarbonato e Po- bicarbonato. A mesma operação foi realizada para os demais extratores. O procedimento laboratorial para realização do fracionamento foi esquematizado na figura 01.

Os extratos alcalinos, provenientes do bicarbonato de sódio e hidróxido de sódio, foram submetidos ao ataque com ácido sulfúrico 1:1 e solução de persulfato de amônio 7,5% em autoclave à 121°C e 103 kPa por 2 horas para determinação do Pt (P inorgânico + P orgânico). O fósforo orgânico (Po) foi calculado por diferença entre o Pt e o Pi dos extratos alcalinos.

O fósforo dos extratos alcalinos e ácidos foi determinado por espectrometria de emissão óptica com plasma indutivamente acoplado (ICP- Inductively Coupled Plasma) modelo Varian 720 ES.

As frações de P foram submetidas à análise de variância, utilizando-se o programa INFOSTAT, e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados para raiz quadrada.

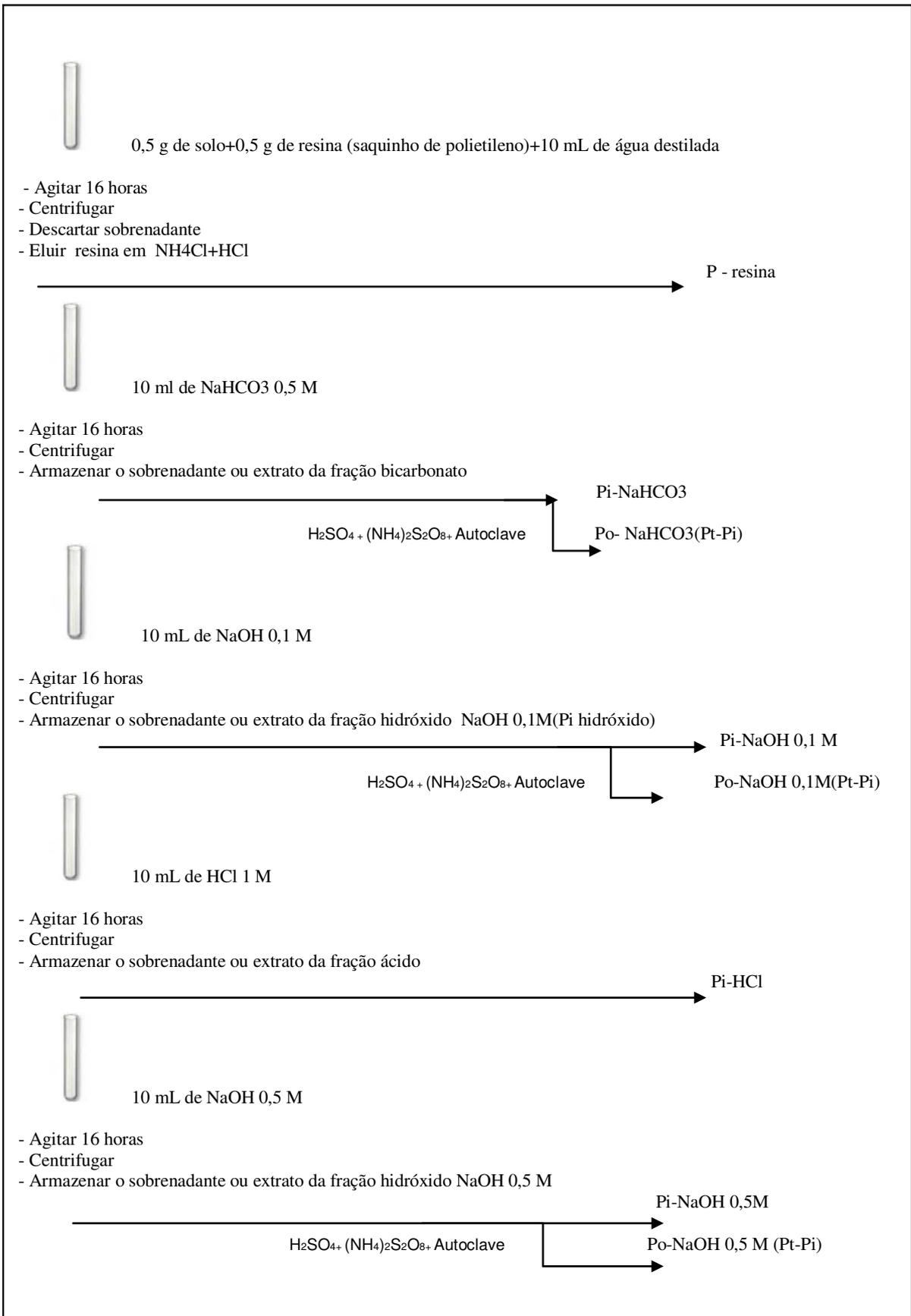


Figura 1. Esquema da técnica do fracionamento de fósforo proposto por Hedley et al.(1982) com as modificações de Condrón et al.(1985).

3. Resultados e Discussões

Os resultados referentes às análises químicas do solo são apresentados no Quadro 2. Os maiores teores de P foram observados nos dois sistemas de cultivo em aléias, e a pastagem apresentou os menores valores para este atributo. Observou-se o acúmulo de P em superfície e sua diminuição em profundidade para todos os sistemas de manejo analisados. Esse comportamento é explicado pela baixa mobilidade desse nutriente no solo (Centurion et al.,1985; De Maria & Castro,1993; Silveira & Stone,2001; Cavalcante et al.,2007).

Tabela 2. Caracterização química dos solos nos diferentes sistemas de uso da terra em duas profundidades.

Profundidade	Sistemas	pH	P	H+Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	V	
		CaCl ₂	mg.dm ⁻³	-----mmol _c .dm ⁻³ -----						%	
Cm	Pastagem	4,79a	8,81a	33,9a	4,61b	19,7a	19,6ab	43,91a	77,81a	56,43a	
	Capoeira	4,71a	11,37a	37,9a	3,69ab	26,0ac	21,5b	51,19ab	89,09ab	57,46a	
	0-5	Solo arado	4,87a	10,86a	40,2a	2,33a	18,2ab	13,6a	34,13ab	74,33a	45,91b
		Aléia-3 anos	4,84a	38,66b	41,6a	3,38ab	41,8d	15,1a	60,28b	101,88bc	59,17a
		Aléias-6 anos	4,44b	34,55c	53,0b	3,28ab	38,0bd	16,9a	58,18b	111,18c	52,33a
	5-10	Pastagem	4,42ab	7,77a	35,6a	4,22b	18,4a	17,3ab	39,92a	75,52a	52,86ab
Capoeira		4,53abc	7,47a	36,4a	2,82a	25,0a	19,3b	47,12ab	83,52ab	56,42bc	
Solo arado		4,80d	10,49a	40,4a	2,16a	18,0b	13,1ab	33,26ab	73,66a	45,15b	
Aléias-3 anos		4,68cd	33,85b	40,7a	3,34ab	38,6b	14,7ab	56,64c	97,34c	58,15c	
Aléias-6 anos		4,33a	45,77b	45,8b	2,68a	26,7a	15,9a	41,28a	87,08ab	47,40a	

Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade. H+Al = Acidez Potencial; SB= Soma de

bases; CTC= Capacidade de troca de cátions a pH 7; V%= Saturação por bases; P = Fósforo; K= Potássio; Ca = Cálcio; Mg = Magnésio.

Observou-se que a forma de fósforo considerada lábil (P-resina) apresentou valores de 38,66 mg/Kg de P no sistema de cultivo em aléias com 03 anos de implantação e 34,55 mg/Kg de P no sistema de cultivo em aléias com 06 anos de implantação (Tabela 03). Como verificado por Rheinheimer (2000), os solos sob plantio direto apresentaram aumento de fósforo nas camadas superficiais, principalmente nas formas inorgânicas disponíveis (P-resina e Pi-bicarbonato), permitindo a manutenção de teores de fósforo na solução do solo mais elevados do que no sistema convencional de cultivo. Essa modificação positiva pelo cultivo em aléias, em relação ao acréscimo de P, é relatada por Mafra et al.(1998) avaliando o aumento do teor de P de 4 mg /Kg em solos de cerrado para 11 mg /Kg em solos sob cultivo em aléias.

Tabela 3. Teor de fósforo (mg/Kg) em função do sistema de cultivo adotado na profundidade de 0-5 cm.

Formas de P	Labilidade	Pastagem	Capoeira	Aração	Aleia 03 anos	Aléia 06 anos
P-resina	PL	8,81 b	11,37 b	10,86 b	38,66 a	34,55 a
P-NaHCO ₃	PL	7,50 c	5,79 c	8,38 c	64,35 a	43,69 b
Po-NaHCO ₃	POL	55,46 a	25,69 b	4,07 c	0,0 c	0,0 c
P-NaOH 0,1M	PML	18,20 c	15,02 c	34,20 c	119,31 a	72,48 b
Po-NaOH 0,1M	POML	41,88 a	58,78 a	3,74 b	20,13 b	12,36 b
P-HCl	PNL	29,42 b	8,44 c	9,41 c	49,79 a	34,33 b
P-NaOH 0,5 M	PML	23.59 cd	13,44 d	41,79 ab	34,04 bc	49,06 a
Po-NaOH 0,5 M	POML	53.29 a	42,96 b	3,05 cd	0,0 d	8,30 c

Letras iguais, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%. PL= fósforo lábil; POL= fósforo orgânico lábil; PML= fósforo moderadamente lábil; POML= fósforo orgânico moderadamente lábil; PNL= fósforo não lábil.

Para a fração P-bicarbonato, o cultivo em aléias apresentou maiores valores de P na profundidade 0-5 cm e 5-10 cm. A alta labilidade da fração bicarbonato é relatada pela maioria dos autores que trabalharam com fracionamento de fósforo, indicando que os teores extraídos pela resina não representam todo fósforo disponível do solo (Hedley

et al., 1982; Tiessen et al., 1984; Cross & Schlesinger, 1995; Stewart & Sharpley, 1987; Sharpley & Smith, 1985; Friessen et al., 1987; Beck & Sanches, 1984; Tiessen et al., 1993; Araujo et al., 1993; Linqvist et al., 1997; Guo & Yost, 1998; Yost et al., 2000, entre outros). Devido à grande importância na disponibilidade para as plantas das frações inorgânicas e orgânicas extraídas por bicarbonato, Guerra et al. (1996) e Maroko et al. (1999) sugerem que essas formas fossem incluídas como parâmetros de disponibilidade de fósforo em sistemas com baixa disponibilidade e baixa adição de fertilizantes.

Em sistema de cultivo em aléias, a adição de matéria seca por meio dos ramos das leguminosas pode variar de 1,4 a 8 t.ha.ano⁻¹ em diversos sistemas. Esses ramos quando adicionados ao solo apresentam um grande potencial para fornecimento de nutrientes, principalmente nitrogênio (40 a 356 Kg.ha⁻¹) e potássio (20 a 189 kg.ha⁻¹) (Ferraz Jr, 2006). Entretanto há divergências quanto à magnitude desse potencial de ciclagem de nutrientes. Segundo Szott et al.(1991) a ciclagem de nutrientes nesse sistema de cultivo é claramente inadequada para P e K e apenas marginal para o N, mesmo para culturas como o arroz de sequeiro que apresenta baixa demanda nutricional.

No sistema de cultivo em aléias a decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos orgânicos variam em função de diferentes fatores: a quantidade e qualidade do resíduo orgânico; fatores climatológicos como temperatura e umidade; características químicas do solo, como pH, disponibilidade de nutrientes; características físicas, como textura e estrutura do solo e fatores biológicos como fauna do solo, biomassa microbiana e presença de raízes vivas (Yadvinder-Singh et al., 1992; Palm et al., 1996).

Segundo Tokura et al. (2002), o sistema de plantio direto proporciona melhores condições de disponibilidade do P, principalmente na forma Pi, em solos de textura argilosa. O plantio direto tem sido caracterizado com um sistema conservacionista do ambiente, devido à maior cobertura da superfície do solo, ao acúmulo de resíduos vegetais, à maior eficiência no uso de fertilizantes, à diminuição nas perdas por erosão e lixiviação, melhorando as condições de fertilidade dos solos (Pottker, 1998).

Em relação ao tempo de implantação dos sistemas de cultivo em aléias, não houve diferença significativa quanto ao teor de fósforo disponível nas profundidades 0-5 cm e 5-10 cm. Esse comportamento é relatado por Tokura et al. (2002) ao estudar

solos cultivados sob plantio direto em diferentes tempos de cultivo, constatou que em Latossolo Vermelho Distrófico o teor de P resina não apresentou diferença significativa em relação aos cultivos de 03 anos e 05 anos de implantação nas profundidades e 0-5 cm e 5-10 cm.

Araújo et al. (1993) observaram que a fertilização e o cultivo de um solo por 25 anos provocou diminuição de 55,5% do fósforo orgânico no solo de mata para 25,05% no solo cultivado. Tal afirmação foi verificada neste trabalho quando compara-se a fração Po-NaHCO₃ encontrada no sistema de capoeira de 25mg/Kg de P e no sistema convencional (aração e gradagem) de 4,07 mg /Kg de P, sugerindo que a acumulação do fósforo adicionado ocorre preferencialmente em formas inorgânicas, como observado por Beck & Sanches (1994), Weil et al. (1988) e Sattell & Morris (1992).

A fração orgânica lábil (Po-bic) para o sistema de cultivo em aléias não apresentou teores detectáveis no fracionamento devido, provavelmente, à condição climática de elevada temperatura e umidade somada à atividade agrícola, intensificando os processos de mineralização-imobilização (Chen et al., 2003), os quais contribuem para a instabilidade desta fração nos solos. O fósforo adicionado ao solo através dos resíduos orgânicos pode ser mineralizado ou imobilizado na biomassa microbiana do solo. A relação C: P > 300 favorece a imobilização do fósforo na BMS. Enquanto a razão C: P < 100 tem sido adotada para prever a mineralização do fósforo. Uma relação N:Po alta, em solos intemperizados, pode contribuir para completa mineralização do fósforo orgânico do solo comparado com a mineralização do carbono e nitrogênio (Yang & Post, 2011). Os mecanismos responsáveis pela mineralização do fósforo orgânico são complexos. A presença de enzimas, como as fosfatases, contribui para o aumento do teor de fósforo orgânico do solo através da imobilização de P (Dick & Iyamuremye, 2006).

Para o sistema de pastagem, a fração Po-NaHCO₃ apresentou maiores valores de P em relação aos demais sistemas de produção, sugerindo que o acúmulo de fósforo está relacionado com a deposição de resíduos culturais da pastagem e dejetos dos animais. Como afirma Oliveira et al. (2009), a quantidade de fósforo orgânico armazenada na BMS em sistemas de pastagem variou de 95,2 mg/Kg a 99,0 mg/Kg, podendo ser considerado um reservatório potencialmente lábil às plantas.

Os estudos realizados por Duda (2000) contestam os valores de Po lábil encontrados neste trabalho, pois após avaliar o efeito de cobertura vegetal em diferentes classes de solo observou que não houve redução de Po lábil sugerindo que o compartimento orgânico lábil não sofreu depleção, ou a taxa de síntese de Po é semelhante à de mineralização.

Houve um decréscimo do teor de fósforo orgânico lábil e moderadamente lábil na profundidade de 5-10 cm sob sistema de pastagem (Tabela 04). Tal fato ocorreu por causa da diminuição do teor de matéria orgânica e ao conseqüente aumento da fixação de P nesta profundidade (Silva et al.,1997).

Tabela 04. Teor de fósforo (mg/Kg) em função do sistema de cultivo adotado na profundidade de 5-10 cm.

Formas de P	Labilidade	Pastagem	Capoeira	Aração	Aleia 03 anos	Aléia 06 anos
P-resina	PL	7,77 b	7,47 b	10,49 b	33,85 a	45,77 a
P-NaHCO ₃	PL	9,02 b	5,42 b	11,23 b	38,07 a	38,83 a
Po-NaHCO ₃	POL	22,95 b	30,04 a	32,36 a	0,0 c	0,0 c
P-NaOH 0,1M	PML	16,92 b	15,91 b	33,67 b	66,81 a	56,05 a
Po-NaOH 0,1M	POML	12,78 b	37,07 a	14,04 b	0,0 c	0,0 c
P-HCl	PNL	5,14 b	8,68 b	10,84 b	24,04 a	22,49 a
P-NaOH 0,5 M	PML	9,62 b	15,39 b	35,58 a	26,46 a	33,39 a
Po-NaOH 0,5 M	POML	7,44 b	28,92 a	0,0 c	0,0 c	0,0 c

Letras iguais, na linha, não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey a 5%. PL= fósforo lábil; POL= fósforo orgânico lábil; PML= fósforo moderadamente lábil; POML= fósforo orgânico moderadamente lábil; PNL= fósforo não lábil.

Entre todas as formas de Pi, o Pi-hidróxido apresentou, na profundidade 0-5 cm e 5-10 cm, os maiores valores de P no sistema de cultivo em aléias. O NaOH remove formas de P inorgânico consideradas como de baixa disponibilidade para as plantas, formas associadas a fosfatos amorfos e cristalinos de Fe e Al (Williams et al., 1980). Este extrai formas inorgânicas e orgânicas de fósforo que não foram acessadas pela RTA e bicarbonato. O fósforo inorgânico é extraído pelos ânions OH⁻ da solução extratora que dissolvem uma porção do nutriente ligado ao ferro e alumínio nos colóides, hidrolizando-os (Fixen & Grove, 1990). A extração do fósforo orgânico pelo

NaOH também ocorre por ação dos ânions OH⁻, que provocam a hidrólise parcial dos compostos orgânicos (Dalal, 1977). Como as formas inorgânicas lábeis já foram retiradas pelos extratores anteriores, o fósforo extraído por NaOH é de labilidade intermediária e provavelmente seja aquele que está associado aos colóides inorgânicos, principalmente os óxidos e caulinita, em ligações do tipo monodentado e bidentado. Já o fósforo orgânico extraído por NaOH pode ser das formas monoéster, diéster, fosfonatos e polifosfatos (Tate & Newman, 1982). A variação entre os diferentes sistemas de manejo para a fração Pi-hidróxido foi de 15,02 mg /Kg de P em solos de capoeira a 119,31mg /Kg de P em solos sob cultivo em aléias na profundidade de 0-5 cm.

A explicação do comportamento da fração Pi-hidróxido apresentar maiores valores no sistema de cultivo em aléias tem fundamentos nos estudos realizados por Beldrok et al.,(1997) quando relata a influência que os compostos orgânicos do solo podem adsorver o fosfato inorgânico, formando compostos ternários, intermediados por pontes de cátions, como o ferro e alumínio (Beldrok et al.,1997). Os ácidos orgânicos e outros compostos intermediários de caráter aniônico, provenientes dos resíduos vegetais em decomposição, podem competir com o fosfato pelos sítios de adsorção dos colóides do solo, diminuindo sua adsorção (Young, 1986; Hue, 1991; Mesquita Filho & Torrent , 1993; Iyamuremye et al., 1996; Nziguheba et al., 1998). Houve diferença significativa nos teores de P relacionados com a fração hidróxido de sódio em comparação aos anos de implantação do cultivo em aléias na profundidade 0- 5 cm. Rheinheimer & Anghinoni (2001) constataram que áreas cultivadas que receberam fertilizações fosfatadas periódicas apresentaram maior acúmulo de P na fração Pi-hidróxido.

O comportamento das frações inorgânicas e orgânicas extraídas por RTA, NaHCO₃ e NaOH 0,1 mol.L⁻¹ mostra que estas são sensíveis ao manejo do solo e que suas modificações ocorrem concomitantemente, onde tanto as lábeis quanto as de labilidade intermediária são tamponantes da solução do solo. Por outro lado, quando ocorre depleção em uma forma, outras podem ser desorvidas para tamponá-la, mas o fósforo proveniente destas pode ser readsorvido e/ou imobilizado pela BMS. Assim, os colóides do solo e os microrganismos agem como competidores das plantas pelo fósforo da solução.

A fração extraível por HCl (P-ácido) apresentou valores maiores nas áreas de cultivo em aléias em relação às áreas de cultivo convencional. Essa fração consiste de formas de P ligadas ao Ca e os resultados podem estar relacionados com a maior

quantidade de Ca introduzida pelas adições de calcário na superfície ao longo dos anos de implantação do sistema de cultivo em aléias. Resultados semelhantes são descritos por Tokura et al.(2002) em estudo das formas de fósforo em solo sob plantio direto. Ao extrator HCl 1 mol.L⁻¹ é atribuída a capacidade de dessorção de formas inorgânicas de fósforo associadas ao cálcio (Cross & Schlesinger, 1995). A associação com este cátion pode ocorrer nos minerais primários, fosfatos de cálcio neoformados e também em fertilizantes fosfatados sem solubilização prévia (fosfatos naturais). Os baixos teores na fração Pi-HCl para os sistema de solo sob aração e capoeira se devem ao esgotamento dos minerais primários pelo avançado grau de intemperismo do solo.

4. Conclusões

Os resultados desse trabalho mostraram claramente que a adoção do sistema de cultivo em aléias favorece a disponibilidade de fósforo inorgânico (Pi), representado pelas formas P-resina e P –bicarbonato.

Em sistemas de pastagem, a contribuição de fósforo às culturas está relacionada com o teor de fósforo orgânico presentes nas formas de Po lábil e Po moderadamente lábil.

Em função do manejo adotado aos solos do trópico úmido, tem-se alterações significativas quanto aos reservatórios de fósforo do solo, ligados a compostos de Fe e Al, assim como o fósforo retido a biomassa microbiana do solo.

Os maiores acréscimos de P ocorrem em frações não monitoradas regularmente para fins de diagnóstico de fertilidade do solo.

LITERATURA CITADA

ARAÚJO, M. S. B.; SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. V. S. B. Efeito de fertilizações fosfatadas anuais em solo cultivado com cana-de-açúcar.II. formas disponíveis e efeito residual do P acumulado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v 17, p. 397-403, 1993b.

BECK, M. A.; SANCHES, P. A. Soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on a typic paleudult. *Soil Science*, Baltimore, v.34, p. 1424-1431, 1994.

BELDROCK, C. N.; CHESHIRE, M. V.; SHAND, C. A. The involvement of iron and aluminum in the bonding of phosphorus to soil humic acid. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.28, p. 961-971, 1997.

CAIRES, E.F.; CORRÊA, J.C.L.; CHURKA, S.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. Surface application of lime ameliorates subsoil acidity and improves root growth and yield of wheat in an acid soil under no-till system. *Scientia Agricola*, v.63, n.5, p.502-509, 2006.

CHEN, C.R.; CONDRON, L.M.; DAVIS, M.R.; SHERLOCK, R.R. Seasonal changes in soil phosphorus and associated microbial properties under adjacent grassland and forest in New Zealand. *Forest Ecology and Management*, Amsterdam, v.177, n.3, p.539-557, 2003.

CONDRON, L.M.; GOH, K.M.; NEWMAN, R.H. Nature and distribution of soil phosphorus as revealed by a sequential extraction method followed by ³¹P nuclear magnetic resonance analysis. *Journal of Soil Science*, Oxford, v 36, p.199-207, 1985.

CONTE, E. Atividade de fosfatase ácida e formas de acumulação de fosfato em solo no sistema plantio direto. 2001. 65f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2001.

DUDA, G.P. Conteúdo de fósforo microbiano, orgânico e biodisponível em diferentes classes de solo. Seropédica, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2000. 162p. (Tese *Philosophiae Doctor*).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2006. EMBRAPA Solos, Rio de Janeiro, 306p.

FERRAZ JR, A.S.L., SOUZA, S.R. & FERNANDES, M.S. O cultivo em aléias como alternativa para a produção de alimentos na agricultura familiar do trópico úmido. Agroambientes de transição. Série Agroecológica-Volume I. Universidade Estadual do Maranhão. São Luís, 2006.

HUE, N. V. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Science*, Baltimore, v 152, p. 463-471, 1991.

IYAMUREMYE, F.; DICK, R. P.; BAHAM, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: I. phosphorus chemistry and sorption. *Soil Science*, Baltimore, v 161, p. 426-435, 1996.

MAFRA, A.L.; MIKLOS, A.A.W.; VOCURCA, H.L.; HARKALY, A.H.; MENDOZA, E. Produção de fitomassa e atributos químicos do solo sob cultivo em aléias e sob vegetação nativa de cerrado. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.32, p.43-48, 1998.

MARTINAZZO, R.; RHEINHEIMER, D.S.; GATIBONI, L.C. et al. Fósforo microbiano do solo sob sistema plantio direto em resposta à aplicação de fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 31, p. 563-570, 2007.

MESQUITA FILHO, M. V.; TORRENT, J. Phosphate sorption as related to mineralogy of a hydrosequence of soils from the cerrado region (Brazil). *Geoderma*, Amsterdam, v 58, p. 107-123, 1993.

MOURA, E.G. Agroambientes de transição avaliados numa perspectiva da agricultura familiar. In: MOURA, E.G., org. *Agroambientes de transição entre o trópico úmido e o semi-árido do Brasil: Atributos; alternativas; uso na produção familiar*. 2. ed. São Luís, Universidade Estadual do Maranhão, 2006. p.15-51.

MOURA, E.G.; SILVA, A.J.F.; FURTADO, M.B. & AGUIAR, A.C.F. Avaliação de um sistema de cultivo em aléias em um Argissolo Franco-arenoso da Região Amazônica. *R. Bras. Ci. Solo*, 32:1735-1742, 2008.

NZIGUHEBA, G.; PALM, C. A.; BURESH, R. J.; SMITHSON, P. C. Soil phosphorus fractions and adsorption as affected by organic and inorganic sources. *Plant and Soil*, Dordrecht, v. 198, p. 159-168, 1998.

YANG, X.; POST, W.M. Phosphorus transformation as a function of pedogenesis: a synthesis of soil phosphorus data using Hedley fractionation method. *Biogeosciences Discussions*, v.8, p.5907-5934, 2011.

OLIVEIRA, L.B. PITIRINI, D.A. TIECHER, T. QUADROS, F.L.F. RHEINHEIMER, D.S. Fósforo microbiano no solo sob pastagem natural afetada pelos distúrbios fogo e pastejo. *Associação Brasileira de Zootecnia*. USP, 2009.

POTTKER, D. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: *SIMPÓSIO SOBRE FERTILIDADE DO SOLO EM PLANTIO DIRETO*, 1998, Dourados. *Anais Dourados: Embrapa-CPAO*, 1998. p.37-42.

QUADROS, F.L.F.; PILLAR, V.P. Dinâmica vegetacional em pastagem natural submetida a tratamentos de queima e pastejo. *Ciência Rural*, v.31, n.5, p. 863-868, 2001.

RAIJ, B. Van.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS, 285p., 2001.

RHEINHEIMER, D. S. Dinâmica do fósforo em sistemas de manejo de solos. 2000. 210f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, p. 151-160, 2001.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. *Revista brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 24, p. 589-597, 2000.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; CONTE, E.; KAMINSKI, J.; GATIBONI, L. C. Dessorção de fósforo em sistemas de manejo de solo avaliado por extrações sucessivas com resina trocadora de ânions. *Ciência Rural*, Santa Maria. Aceito para publicação, 2004.

RHEINHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I.; FLORES, A. F. Organic and inorganic phosphorus as characterized by phosphorus-31 nuclear magnetic resonance in subtropical soils under management systems. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, New York, v.33, p. 1853-1871, 2002.

ROCHA, A.T.; DUDA, G.P.; NASCIMENTO, C.W.A.; RIBEIRO, M.R. Fracionamento do fósforo e avaliação de extratores do P-disponível em solos da ilha de Fernando de Noronha.

SATTELL, R. R.; MORRIS, R. A. Phosphorus fractions and availability in Sri Lankan alfisols. *Soil Science Society of American Journal*, Madison, v 56, p. 1510-1515, 1992.

SHAHEEN, S.M.; TSADILAS, C.D.; ESKRIDGE, K.M. Effect of common ions on phosphorus sorption and lability in Greek Alfisols with different pH. *Soil Science*, v.174, n.1, p.21-26, 2009.

SILVA, M.L.N. CURI, N. BLANCANEAUX, P. LIMA, J.M.de; CARVALHO, A.M.de. Rotação adubo verde milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho-Escuro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.32, n.6, p.649-654, jun.1997.

SZOTT, L.T., PALM, C.A. & SANCHEZ, P.A. Agroforestry in acid soils oh humid tropics. *Advances in Agronomy*, Washington, v.45: 275-301, 1991.

TOKURA, A.M.;FURTINI NETO,A.E.;CURI,N.;FAQUIN,V.;KURIHARA,C.H. &ALOVISI,A.A.Formas de fósforo em solo sob plantio direto em razão da profundidade e tempo de cultivo.*Pesq.Agropec.Bras.*,7:1467-1476,2002.

WEIL, R. R.; BENEDETTO, P. W.; SIKORA, L. J.; BANDEL, V. A. Influence of tillage practices on phosphorus distribution and forms in three ultisols. *Agronomy Journal*, Madison, v. 80, p. 503-509, 1988.

WILLIAMS, J.D.H.; MAYER, T.; NRIAGU, J.O.Extractability of phosphorus minerals common in soils and sediments.*Soil Science Society of America Journal*,Madison,v.44,n.3,p.462-465,May/June,1980.

REVISTA BRASILEIRA DE CIÊNCIA DO SOLO

INSTRUÇÕES AOS AUTORES

A **Revista Brasileira de Ciência do Solo** é um periódico de divulgação científica publicado pela Sociedade Brasileira de Ciência do Solo (SBCS).

Os trabalhos submetidos à publicação somente poderão ser enviados pelo site www.sbc.org.br, e não mais em papel, e nas seguintes formas:

Artigos ou notas científicas.

Revisões de literatura sobre tema específico.

Cartas ao Editor de, no máximo, quatro páginas digitadas em espaço duplo, contendo um dos seguintes temas: (a) Comunicação de matéria diretamente ligada à Ciência do Solo; (b) Comentário crítico de trabalhos publicados na Revista Brasileira de Ciência do Solo.

Só serão aceitos trabalhos escritos em português ou inglês, depois de revistos e aprovados pela Comissão Editorial, e que não foram publicados e não submetidos à publicação em outro veículo. Excetuam-se, nesta última limitação, os apresentados em congressos, em forma de resumo. **O autor que encaminhar o trabalho deverá se responsabilizar pelos demais autores, quando houver, como co-responsáveis pelo conteúdo científico do trabalho.**

Os trabalhos subdivididos em partes I, II..., devem ser enviados juntos, pois serão submetidos aos mesmos revisores.

Solicita-se observar as seguintes instruções para o preparo dos artigos e notas científicas:

1. O original deve ser encaminhado completo e revisto.

2. Deve ser enviado digitado em espaço 1,5, utilizando fonte “**Times New Roman 12**”, formato A4, com 2,5 cm nas margens superior e inferior e 2,0 cm nas margens direita e esquerda, enumerando-se todas as páginas e as linhas do texto.
3. O trabalho deve ser o mais claro e conciso possível. Somente em casos especiais serão aceitos trabalhos com número de páginas de texto superior a quinze.
4. **Os artigos, notas e revisões** deverão ser iniciados com o título do trabalho e, logo abaixo, os nomes completos dos autores. Como chamada de rodapé referente ao título, deve-se usar número-índice que poderá indicar se foi trabalho extraído de tese, ou apresentado em congresso, entidades financiadoras do projeto e, necessariamente, a data (Recebido para publicação em / /) em que o trabalho foi recebido para publicação. O cargo, o local de trabalho dos autores [endereço postal e, se possível, eletrônico (E-mail)], deverão ser inseridos também no rodapé, em numeração consecutiva de chamada de números-índices colocados logo após o nome de cada autor. A condição de bolsista poderá ser incluída.
5. Os artigos deverão ser divididos, sempre que possível, em seções com cabeçalho, na seguinte ordem: **RESUMO, SUMMARY** (precedido da tradução do título para o inglês), **INTRODUÇÃO, MATERIAL E MÉTODOS, RESULTADOS, DISCUSSÃO, CONCLUSÕES, AGRADECIMENTOS e LITERATURA CITADA**. Não há necessidade dessa subdivisão para os artigos sobre educação, revisões de literatura e notas científicas, embora devam ter, obrigatoriamente, **RESUMO e SUMMARY**.

Tais seções devem ser constituídas de:

- 5.1. **TÍTULO** do trabalho que deve ser conciso e indicar o seu conteúdo.
- 5.2. **RESUMO** que deve apresentar, objetivamente, **uma breve frase introdutória, que justifique o trabalho**, o que foi feito e estudado, os mais importantes resultados e conclusões. Será seguido da indicação dos termos de indexação, diferentes daqueles constantes do título. A tradução do **RESUMO** para o inglês constituirá o **SUMMARY**.

5.3. **INTRODUÇÃO** que deve ser breve, esclarecendo o tipo de problema abordado ou a(s) hipótese(s) de trabalho, com citação da bibliografia específica e finalizar com a indicação do objetivo do trabalho.

5.4. **MATERIAL E MÉTODOS** em que devem ser reunidas informações necessárias e suficientes que possibilitem a repetição do trabalho por outros pesquisadores.

5.5. **RESULTADOS** que devem conter uma apresentação concisa dos dados obtidos. Quadros ou figuras devem ser preparados sem dados supérfluos.

5.6. **DISCUSSÃO** que deve conter os resultados analisados, levando em conta a literatura, mas sem introdução de novos dados.

5.7. **CONCLUSÕES** que devem basear-se somente nos dados apresentados no trabalho e deverão ser numeradas.

5.8. **AGRADECIMENTOS** devem ser sucintos e não aparecer no texto ou em notas de rodapé.

5.9. **LITERATURA CITADA**, incluindo trabalhos citados no texto, quadro(s) ou figura(s) e inserida em ordem alfabética e da seguinte forma:

a. **Periódicos**: Nome de todos os autores, Título do artigo. Título abreviado do periódico, volume: páginas inicial e final, ano de publicação. Exemplo:

FONSECA, J.A. & MEURER, E.J. Inibição da absorção de magnésio pelo potássio em plântulas de milho em solução nutritiva. R. Bras. Ci. Solo, 21:47-50, 1997.

b. **Livro**: Autores. Título da publicação. Número da edição. Local, Editora, ano de publicação. Número de páginas. Exemplo:

KONHNKE, H. Soil physics. 2.ed. New York, MacGraw Hill, 1969. 224p.

c. **Participação em obra coletiva**: Autores. Título da parte referenciada seguida de In: Nome do editor. Título da publicação, número da edição. Local de Publicação, Editora, ano. Páginas inicial e final. Exemplos:

- *Capítulo de livro*:

JACKSON, M.L. Chemical composition of soil. In: BEAR, F.E., ed. Chemistry of the soil. 2.ed. New York, Reinhold, 1964. p.71-141.

d. Trabalho em Anais:

VETTORI, L. Ferro “livre” por cálculo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 15., Campinas, 1975. Anais. Campinas, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1976. p.127-128.

e. CD-ROM:

SILVA, M.L.N.; FREITAS, P.L.; BLANCANEUX, P. & CURI, N. Índice de erosividade de chuva da região de Goiânia (GO). In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO. 13., 1996. Anais. Águas de Lindóia, Embrapa, 1996. CD-ROM

f. Internet:

EL NIÑO and La Niña. Disponível em: <<http://www.stormfax.com/elnino.htm>>. Acesso em 15 out. 2000.

As abreviações de nome de revistas devem ser feitas de acordo com as usadas pelos “abstracting journals”, como dos Commonwealth Agricultural Bureaux.

6. As Referências no texto deverão ser feitas na forma: Silva & Smith (1975) ou (Silva & Smith, 1975). Quando houver mais de dois autores, usar a forma reduzida: (Souza et al., 1975). Referências a dois ou mais artigos do(s) mesmo(s) autor (es), no mesmo ano, serão discriminadas com letras minúsculas (Ex.: Silva, 1975a,b).
7. Os quadros deverão ser numerados com algarismos arábicos, sempre providos de um título claro e conciso e construídos de modo a serem auto-explicativos. Não usar linhas verticais. As linhas horizontais devem aparecer para separar o título do cabeçalho e este do conteúdo, além de uma ao final do quadro. O quadro deve ser feito por meio de uma tabela (MICROSOFT WORD/TABELA/INSERIR TABELA), no qual cada valor deve ser digitado em células distintas, estando centralizado e alinhado.
8. Os gráficos deverão ser preparados, utilizando-se “Softwares” compatíveis com “Microsoft Windows” (“Excel”, “Power Point”, “Sigma Plot”, etc.). Para fotos e mapas coloridos utilizar resolução de 150 a 300 DPI. Não serão aceitas figuras que repitam informações de quadros.

9. Fotos coloridas, quando imprescindíveis, a critério da Comissão Editorial serão, também, aceitas. Os custos adicionais deverão ser cobertos pelos autores.
10. Para publicação de artigos na RBCS serão cobrados por página editorada (forma final na Revista): para sócios da SBCS (primeiro autor e, ou, autor correspondente) R\$ 25,00, até oito páginas, e R\$ 50,00 por página adicional, para não-sócios (primeiro autor e, ou, autor correspondente): R\$ 50,00 por página até oito páginas e R\$ 100,00 por página adicional.