



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CALAGEM E RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS NA ADSORÇÃO E
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM LATOSSOLO AMARELO ARGILOSO DA
AMAZÔNIA**

DANIELLE SOUZA PEGADO

Belém-PA
2009

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO

UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CALAGEM E RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS NA ADSORÇÃO E
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM LATOSSOLO AMARELO ARGILOSO DA
AMAZÔNIA**

DANIELLE SOUZA PEGADO

Engenheiro Agrônomo

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de “**Mestre**”.

Orientador:

Engenheiro Agrônomo Prof. Dr. George Rodrigues da Silva

Belém-PA

2009



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA

**CALAGEM E RESÍDUOS DE LEGUMINOSAS NA ADSORÇÃO E
DISPONIBILIDADE DE FÓSFORO EM LATOSSOLO AMARELO ARGILOSO DA
AMAZÔNIA**

DANIELLE SOUZA PEGADO

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural da Amazônia, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de Mestre.

Aprovada em 03 de Setembro de 2009

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. George Rodrigues da Silva
Orientador
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Mário Lopes da Silva Júnior
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Prof. Dr. Francisco Ilton de Oliveira Moraes
Serviço Nacional de Aprendizagem Rural – SENAR-AR/PA

Prof. Dr. Norberto Cornejo Noronha
Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

DEDICATÓRIA

Ao meu Deus tremendo e poderoso que nunca me abandonou e me ajudou a vencer mais esta etapa

Ao meu pai, Mário Corrêa Pegado

Á minha maravilhosa mãe Iracema Souza Pegado

Á minhas irmãs Mariele Souza Pegado

Lucielle Souza Pegado

Rosielle Souza Pegado

As grandes amigas Sandra Gonçalves, Eliude Nascimento, Eliane Ribeiro, Elen Bastos, Zenuina Pegado e Lia Pegado, e Carol Sepeda

Por todo carinho, respeito e força dada durante este período de pesquisa, para a conquista de mais um objetivo.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal Rural da Amazônia, pela oportunidade concedida para a realização deste curso, aperfeiçoando meus conhecimentos.

À Comissão de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (**CAPES**), pela bolsa de estudo concedida.

Ao Prof Dr. Marcos André piedade Gama, pela paciência, estímulo dado para a realização deste trabalho o qual não teria vencido sem a sua colaboração e pelo convívio amistoso durante o curso.

Ao Prof Dr George Rodrigues da Silva, pela a grande colaboração no trabalho orientação acadêmica permitindo a finalização deste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo M.Sc. Jessivaldo Rodrigues Galvão pelo amizade, incentivo, e colaboração neste trabalho.

Ao Engenheiro Agrônomo Sandra Gonçalves Ferreira pela nossa grande amizade e ajuda nas análises.

Ao Técnico Agrícola Elthon Ferreira Fontes pela a grande amizade que estamos construindo e por tudo que fez no período que passei no laboratório.

.

Ao técnico do Laboratório Samuel Moreira de Oliveira e Júlio Cesar Gomes Costa.

Aos professores das disciplinas que cursei.

Aos colegas de equipe do trabalho, Gilson, Deyvison e Otiniel

Aos meus Familiares, por toda força e apoio durante a pesquisa, meu eterno agradecimento.

RESUMO

Os Latossolos são solos altamente intemperizados, fortemente ácidos e de baixa fertilidade, fatores limitantes para a obtenção de produções agrícolas maiores, devido à reduzida reserva de nutrientes para as plantas. A matéria orgânica pode diminuir a adsorção de fósforo pela liberação de ácidos orgânicos, que competem pelos sítios de adsorção. Foi realizado um experimento em condições de casa de vegetação com o objetivo de avaliar a utilização da calagem e de diferentes tipos de leguminosas na dinâmica de P em um Latossolo Amarelo, utilizando o delineamento experimental inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial 2x2x5, correspondente a dois níveis de calagem (sem corretivo e uma dose recomendada pelo método do Al trocável + Ca e Mg), dois tipos de leguminosas (crotalária e feijão de porco) e cinco níveis de leguminosas (0, 5, 10, 15, 20 t ha⁻¹ de matéria seca). O efeito dos tratamentos foi avaliado após 45 e 90 dias da incubação com material das plantas. Foram utilizadas quatro repetições, totalizando 80 parcelas. Foram realizados estudos de adsorção de P utilizando a isoterma de Langmuir para determinar as variáveis (CMAP) e k. Somente após 90 dias da incubação com o material das plantas, a calagem e o tipo de leguminosa manifestaram efeito positivo na adsorção de P. O efeito positivo da calagem ocorreu em interação com altas doses de material vegetal com redução da CMAP. A matéria orgânica influenciou positivamente na CMAP, valor k e disponibilidade do P. A qualidade do material influencia na adsorção de fósforo. A leguminosa mais indicada para reduzir adsorção de P foi a crotalária.

Palavras-chaves: matéria orgânica, calcário dolomítico, solo tropical, adsorção de P.

ABSTRACT

The highly weathered Oxisols possess low fertility and high acidity and phosphorus fixation, which may reduce the reserves of nutrients for plants, resulting in the declining soil productivity. The availability of soil phosphorus is increased by the reactions that lower the effective concentration of phosphate fixers-aluminium, iron and manganese. Organic matter can decrease the adsorption / precipitation of phosphorus by the release of organic acids, which compete for adsorption sites. The objective of this research was to study the dynamics of P in a soil representative of the region as a function of the liming, types and doses of legumes. The experiment was made in the greenhouse of the ICA/UFRA using samples of an Latosol Yellow located in the UFRA, in the county of Belém (PA). We used a completely randomized design in a factorial 2 (levels of liming: without correction and a dose recommended by Al and exchangeable Ca + Mg) x 2 [types of legumes: bean-of-pig (*Canavalia ensiformis*, L) and crotalaria (*Crotalaria juncea*, L)] x 5 (doses of plant material: 0, 5, 10, 15 and 20 t h⁻¹) with four replicates. The effect of treatment was evaluated after 45 and 90 days of incubation with the plant material. Studies were conducted to evaluate the P adsorption using the Langmuir isotherm to determine the variables maximum adsorption capacity of phosphorus (CMAP) and the constant (k) related with the phosphate bond energy. In the sediment. The liming and type of legume expressed only positive effect on P adsorption after 90 days of incubation with the material of plants. The positive effect of liming occurred in interaction with high doses of plant material, with the reduction of CMAP. Organic matter had a positive effect on CMAP, value k and availability of P. The quality of the plant material influence on the adsorption of phosphorus. The crotalaria was more effective in reducing P adsorption in this soil.

Keywords: organic matter, dolomitical calcarim, tropical soil, P adsorption.

SUMÁRIO

	p.
1. INTRODUÇÃO	11
2. REVISÃO DE LITERATURA	13
2.1 LATOSSOLO AMARELO.....	13
2.2 FÓSFORO.....	14
2.2.1 Adsorção e avaliação de fósforo	14
2.3 LEGUMINOSAS COMO ADUBO VERDE.....	16
2.4 MANEJO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E EFEITO DO FÓSFORO.....	18
3. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SOLO UTILIZADO.....	22
3.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	22
3.3 PLANTIO DAS LEGUMINOSAS NO CAMPO.....	23
3.3.1 Análises de Tecido Vegetal	24
3.4 INCUBAÇÃO DO SOLO COM MATERIAL VEGETAL.....	24
3.4.1 Análise Química do Solo Antes da Incubação	24
3.4.2 Pré – Incubação com Calcário	25
3.4.3 Incubação do Solo com Leguminosa	25
3.5 ESTUDO DA ADSORÇÃO DE FÓSFORO.....	25
3.6 AVALIAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ADSORÇÃO DE FÓSFORO.....	27
4.2. RESULTADO DA INCUBAÇÃO COM MATERIAL VEGETAL AOS QUARENTA E CINCO DIAS.....	30
4.3. RESULTADO DA INCUBAÇÃO COM MATERIAL VEGETAL AOS NOVENTA DIAS.....	32
5. CONCLUSÕES	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	42

LISTA DE TABELAS

	P.
Tabela 1. Análise química e granulométrica da amostra de Latossolo Amarelo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, Paragominas-PA.....	22
Tabela 2. Análise química do Latossolo Amarelo na profundidade de 0-20, Belém-PA.....	24
Tabela 3. Análise química foliar das leguminosas feijão-de-porco (FP) e crotalária juncea (CJ).....	24
Tabela 4. Valores de pH antes e após a incubação do solo com calcário.....	25
Tabela 5: Valores de quadrado médio e níveis de significância para constante de afinidade de adsorção em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias de incubação.....	30
Tabela 6: Valores de quadrado médio e níveis de significância para capacidade máxima de adsorção de fósforo em função da calagem, doses e tipos de leguminosas em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias de incubação.....	30
Tabela 7. Valores médios de k ($\mu\text{g g}^{-1}$) em função das doses de leguminosas aplicadas em Latossolo Amarelo, aos 45 dias da incubação.....	31
Tabela 8. Valores médios de CMAP ($\mu\text{g g}^{-1}$) em função das doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias da incubação.....	32
Tabela 9: Valores de quadrado médio e níveis de significância para constante de afinidade de adsorção em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.....	33

Tabela 10: Valores de quadrado médio e níveis de significância para capacidade máxima de adsorção de fósforo em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.....	33
Tabela 11. Valores médios $k \text{ ug g}^{-1}$, em função da interação entre tipos e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.....	34
Tabela 12. Valores médios $k \text{ ug g}^{-1}$, entre calagem e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.....	36
Tabela 13. Valores médios da capacidade máxima de adsorção de fósforo (ug g^{-1}) em função da interação entre tipos e doses de leguminosa aplicadas em um Latossolo Amarelo aos 90 de incubação.....	37
Tabela 14. Valores médios da capacidade máxima de adsorção de fósforo (ug g^{-1}) em função da interação entre calagem e doses de leguminosa aplicadas em um Latossolo Amarelo aos 90 dias de incubação.....	37
Tabela 15: Valores de quadrado médio e níveis de significância para fósforo disponível em função da calagem, dose e tipo de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.....	38
Tabela 16. Os valores médios da concentração de P disponível (mg dm^{-3}) em função das doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.....	38
Tabela 17. Valores médios da concentração de P disponível (mg dm^{-1}) em função da interação entre tipos e doses de leguminosas, aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.....	40

LISTA DE FIGURAS

	p.
Figura 1 Aspecto geral do plantio de leguminosas na fase inicial do experimento (UFRA) Belém-PA.....	23
Figura 2 Adsorção de P utilizando a isoterma de Langmuir em função da calagem, tipo de leguminosas (1- feijão de porco e 2- crotalária juncea) e doses utilizadas (a- 0 , b- 5, c- 10, d- 15 e e- 20 t ha ⁻¹) aos 45 dias.....	28
Figura 3 Adsorção de P utilizando a isoterma de Langmuir em função da calagem, tipo de leguminosas (1- feijão de porco e 2- crotalária juncea) e doses utilizadas (a- 0 , b- 5, c- 10, d- 15 e e- 20 t ha ⁻¹) aos 90 dias.....	29
Figura 4. Valores médios da concentração de P disponível em função das doses de material vegetal aplicadas em um Latossolo Amarelo, Paragominas-PA.....	39
Figura 5. Valores médios da concentração de P disponível em função da interação doses tipo e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, Paragominas-PA.....	40

1. INTRODUÇÃO

Na região amazônica a maioria dos solos é ácido e intemperizado devido à lixiviação, sendo caracterizados pela baixa disponibilidade de bases trocáveis e fixação de fósforo, além de passarem por processo intenso de lixiviação. A derrubada e queimada da vegetação, típicas da região expõe o solo diretamente à erosão pluvial devido aos altos índices de chuvas que caracterizam a região.

O uso do fogo para limpeza da área é prática comum na região promovendo aumento temporário das bases e aumento do pH, no entanto, esses efeitos não permanecem com o tempo, pois os nutrientes se perdem com as chuvas e cultivos, deixando o solo empobrecido.

Os tipos de solos mais encontrados na região pertencem ao grupo dos Latossolos, Argissolos e Neosolos, com predominância dos primeiros, que via de regra apresentam-se ácidos e muito pobres em fósforo (P) disponível.

Com o aumento do intemperismo, principalmente em condições tropicais, os solos mudam de fonte para dreno, ou seja, o P disponível passa a ficar retido no colóide, porque o solo tem a capacidade crescente de adsorver e reter ânion tornando-se mais eletropositivo.

A concentração de P disponível no solo, baixa em praticamente todos os solos na Amazônia brasileira, pode causar alguns problemas no desenvolvimento das atividades agrícolas dessa região, uma vez que, esse nutriente é essencial para o crescimento da planta, atuando na fotossíntese, na respiração, na divisão celular, e em vários outros processos fisiológicos.

Os estudos do fósforo em solos de regiões tropicais apresentam um interesse especial, não somente pela baixa disponibilidade natural, como também pela alta capacidade de retenção (adsorção e precipitação) deste elemento nos solos, que é agravada pelas condições ácidas, como alta disponibilidade de ferro (Fe), alumínio (Al) e manganês (Mn).

Os Latossolos Argilosos, por exemplo, em geral apresentam alta capacidade de adsorção desse elemento e requerem intensas adubações fosfatadas para que o teor de fósforo disponível se mantenha em níveis adequados ao desenvolvimento das plantas. Entretanto, o alto custo deste insumo limita a sua utilização que é feita, quase sempre, em quantidades aquém das reais necessidades às plantas.

A retenção de P ocorre tanto pela precipitação do P em solução como formas iônicas de Fe, Al e Ca, como, principalmente, de maneira mais significativa, pela sua adsorção pelos oxihidróxidos de Fe e Al. Geralmente, não é considerado que latossolos na Amazônia sejam

fortes fixadores de P, pois a fixação de fósforo depende das características do solo (COCHRANE; & SÁNCHEZ, 1982).

Em regiões tropicais, sistemas conservacionistas de manejo que apresentam efeito na melhoria da qualidade do solo tem sido uma alternativa para os estudos de adsorção. Essas práticas são caracterizadas pelo manejo mais adequado da cobertura vegetal, visando aumentar a proteção do solo contra a erosão e diminuição das perdas de nutrientes e matéria orgânica do sistema agrícola. Entre elas está o uso de adubação verde como uma alternativa utilizada como fonte de matéria orgânica para biodisponibilizar nutrientes às culturas e melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. Nesse sentido as leguminosas têm sido empregadas, por sua rusticidade, elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e simbiose com bactéria fixadora de N₂ atmosférico.

Pesquisas têm demonstrado que os efeitos dos resíduos orgânicos dependem diretamente da quantidade e qualidade da matéria orgânica manejada na superfície do solo, sendo esta, um dos principais fatores que influenciam na adsorção de P.

Estudos que procuram esclarecer a relação entre a matéria orgânica do solo (MOS) e a dinâmica de adsorção de P produzirão no futuro ações de manejo a manter a sustentabilidade dos solos.

No caso do fósforo, práticas de manejo com matéria orgânica possibilitam aumentos no teor disponível deste nutriente na forma orgânica. Mas ainda, são raras as informações sobre o efeito da MOS em sua dinâmica.

Portanto, estudos da adsorção de P e sua relação com a quantidade e qualidade da MOS, tornam-se necessários, e podem proporcionar subsídios para uma melhor compreensão da dinâmica do P nos solos da Amazônia. A parti daí, será possível o estabelecimento de técnica de manejo mais adequada da adubação fosfatada, visando um maior aproveitamento desse nutriente pelas plantas.

Com intuito de responder os questionamentos propõem-se a seguinte hipótese: O tipo e quantidade de material orgânico devem influenciar a adsorção de fósforo.

O estudo tem por objetivo avaliar o efeito da calagem, o tipo e quantidade de materiais vegetais na adsorção e disponibilidade do fósforo do solo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 LATOSSOLO AMARELO

Os latossolos normalmente estão situados em relevo plano a suave-ondulado, com declividade que raramente ultrapassa 7% facilitando a mecanização (RAMALHO FILHO; BEEK, 1994).

Esses solos são formados pelo processo denominado “latossolização” que consiste basicamente na remoção de sílica e bases do perfil e enriquecimento relativos de óxidos de Fe e Al, (RESENDE et al., 1995). Por esta razão em geral, esses solos apresentam elevada acidez, altas concentrações de alumínio trocável e de ferro, além de baixa saturação de cálcio e magnésio (FONTES; GJORUP; ALVARENGA, 1995).

Os solos podem ser naturalmente ácidos, pela própria constituição do material de origem, com baixos teores de cátions básicos, ou podem tornar-se ácidos, nas regiões em que a precipitação pluvial é maior que a evapotranspiração, responsável pela lixiviação das bases no perfil do solo. Com isso, as cargas negativas são ocupadas por íons Al^{+3} e H^{+} , para a manutenção da eletroneutralidade (RAIJ, 1991).

De acordo com Fageria, Stone e Santos (1999), em condições de clima tropical, a acidificação do solo é um processo contínuo, que pode ser acelerado pela atividade das plantas, animais e seres humanos, ou diminuído pelo manejo adequado.

Os Latossolos apresentam B latossólico (óxido), estrutura forte muito pequena a pequena granular (microestrutura) ou blocos subangulares fracos ou moderados, são profundos, bastante envelhecidos e de boa drenagem. O teor de argila varia muito nos perfis, daí serem encontrados solos de textura média, textura argilosa e textura muito argilosa. Apresentam perfil do tipo A, B e C. A capacidade de troca de cátions no horizonte B latossólico deve ser menor do que $17 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ de argila, caracterizando uma argila de baixa atividade e pH entre 4,0 e 5,5 (VIEIRA; VIEIRA, 1981; VIEIRA, 1975; EMBRAPA, 2006; RESENDE et al., 1995).

A baixa fertilidade e a elevada acidez desse solo são fatores limitantes a sua exploração econômica. Contudo, com aplicações adequadas de corretivos e fertilizantes, aliadas à época propícia de plantio e uso de cultivares adaptados, obtêm-se boas produções (CRAVO; SMYTH, 1997).

2.2 FÓSFORO

A deficiência de fósforo (P) é um dos principais fatores limitantes à produção agrícola no mundo (SANCHEZ, 1976; FEARSINDE, 1987), principalmente no Brasil, onde os teores desse nutriente são muito baixos (LOPES, 1994). Na Amazônia, a maioria dos solos apresenta acidez elevada, baixo conteúdo de matéria orgânica (MO) e elevados teores de óxidos de ferro e alumínio, o que, segundo Parfitt (1978), são os principais componentes responsáveis pela fixação de P.

O fósforo (P) é essencial para o crescimento da planta, pois age no seu metabolismo, desempenhando papel importante na transferência de energia da célula, na respiração e na fotossíntese. É, também, componente estrutural dos ácidos nucleicos de genes e cromossomos, assim como de muitas coenzimas, fosfoproteínas e fosfolipídios. O suprimento adequado de P é, pois, essencial desde os estádios iniciais de crescimento da planta (GATIBONI, 2003).

No solo esse elemento é encontrado nas formas de fósforo fixado ou inorgânico (fortemente ligado à Al, Fe, Ca e na rede cristalina), orgânico (fosfolipídios, fosfoinositol e ácidos nucleicos) e disponível em solução.

Em solos tropicais, entre 70 e 80% do fósforo utilizado na adubação não é aproveitado pela planta (BARROS JÚNIOR, 2003). Isso explica porque mesmo sendo o macronutriente menos exigido pela maioria das culturas, é um dos mais utilizados na adubação (NOVAIS et al., 2007).

O fenômeno da perda do fósforo na adubação em solos tropicais é comumente conhecido como "retenção", que são reações de ligação do fósforo com alguns componentes do solo, de maneira muito rápida e cuja força de atração faz com que o fósforo retorne muito lentamente para a solução do solo, abaixo da velocidade demandada pelas plantas.

2.2.1 Avaliação da adsorção de fósforo

Alguns autores definem adsorção de fósforo como sendo o fenômeno no qual formas solúveis de P se tornam menos solúveis ou insolúveis ao entrarem em contato com a fase sólida do solo. Nessa adsorção um dos principais fatores são os óxidos de ferro, ao contrário das argilas silicatadas que apresentam menor capacidade de adsorção (NOVAIS; SMYTH 1999; AQUINO, 2004).

Existem basicamente dois tipos de adsorção: a adsorção física ou fisiosorção ou ainda adsorção eletrostática e a adsorção química ou quimiosorção ou adsorção específica. No entanto, em certas ocasiões os dois tipos podem ocorrer simultaneamente. O tipo de ligação que se forma a partir deste tipo de energia superficial pode ser forte ou fraca.

A adsorção física ocorre por uma diferença de energia e/ou forças de atração, chamadas forças de Van der Waals. A fisiosorção corresponde a uma interação de natureza puramente eletrostática entre a partícula e os átomos superficiais do sólido. Origina-se pela atração entre dipolos permanentes ou induzidos, sem alteração dos orbitais atômicos ou moleculares das espécies comprometidas. Entretanto, a quimiosorção, corresponde a uma interação de tipo químico, na qual os elétrons de enlace entre as moléculas e o sólido experimentam reordenamento e os orbitais respectivos mudam de forma, de modo similar a uma reação química (DROGUETT, 1983).

Os estudos laboratoriais de adsorção de P utilizam o procedimento no qual uma seqüência de amostras do solo é submetida à agitação com soluções de concentração crescente desse elemento, e após isso são determinadas as concentrações de equilíbrio para cada amostra. A diferença entre o fósforo adicionado e o da solução de equilíbrio fornece o P adsorvido (PARFITT, 1978; CASA GRANDE 1993).

Alvarez V. et al (2000) sugerem a determinação prévia do P remanescente (P-rem) para determinação da amplitude de concentração de P a serem utilizadas no procedimento experimental de adsorção. O P-rem é a quantidade de P adicionada que fica na solução de equilíbrio após o contato com o solo. É um método rápido e possui boa interação com a capacidade máxima de adsorção de fósforo.

A avaliação da adsorção de P é feita através das isotermas de adsorção. Essas representam matematicamente os mecanismos de adsorção e precipitação, descrevendo a adsorção de solutos à superfície de sólidos sobre condição constante de temperatura e pressão, mostrando a quantidade de adsorvato sorvido em função de uma concentração de equilíbrio (BOHN et al., 1985). Entre essas equações as mais utilizadas são Langmuir e Freundlich, sendo a primeira o modelo mais utilizado e mais simples, baseando-se no fato da adsorção ocorrer em sítios uniformes com recobrimento em monocamada e afinidade iônica, independente da quantidade de material adsorvido (ATKINS, 1994).

A isoterma de Langmuir foi utilizada pela primeira vez por Olsen e Watanabe (1957) para descrever a adsorção de gases. Tem a vantagem em relação às outras isotermas por fornecer valores para a capacidade máxima de adsorção de fósforo (b) e constante de afinidade (k) que são relacionados com várias propriedades do solo (NOVAIS; SMYTH,

1999). Essa equação pressupõe que adsorção ocorre em uma camada e a constante de energia de adsorção não varia com o aumento da quantidade do elemento adsorvido.

A equação correspondente à isoterma de Langmuir é a seguinte:

$$x/m = (kbC)/(1 + kC)$$

em que x/m é a quantidade de elemento adsorvido ao solo ; b é a capacidade máxima de adsorção do elemento; k é a constante relacionada com energia de ligação do elemento ao solo; C é a concentração do elemento na solução de equilíbrio.

Para obtenção das estimativas das constantes k e b , utiliza-se forma linearizada da equação de Langmuir.

$$C/(x/m) = 1/(kb) + (1/b)C$$

2.3 LEGUMINOSAS COMO ADUBO VERDE

Em solos altamente intemperizados, a baixa fertilidade natural requer a adubação corretiva para a maioria dos cultivos comerciais. Nessas condições, os solos podem funcionar muito mais como dreno do que propriamente como fonte de macronutriente para as plantas (NOVAIS et al., 1999). Assim, em adição à fertilização regular, são necessárias práticas de manejo que beneficiem o aporte constante de compostos orgânicos que aumentam a estabilidade das formas mais solúveis de macronutrientes catiônicos na solução do solo.

Em muitos casos na região amazônica os solos têm sido submetidos a um manejo inadequado, com conseqüente deterioração das qualidades físicas, químicas e biológicas, proporcionando perda de sua capacidade produtiva (FERNANDES et al. , 2007).

A adubação verde é utilizada pelos agricultores há mais de mil anos, em distintas regiões do mundo, para melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas dos solos agricultados, muito antes, pois, do advento da adubação química. A eficiência da adubação verde é comprovada, também, no controle de nematóides, quando se utilizam leguminosas específicas, problema para o qual os produtos químicos, além de caros, não apresentam resultados satisfatórios (SAMPAIO; MALUF, 1999).

A utilização de leguminosas como cobertura e/ou adubação verde surge como uma importante prática de manejo desses solos, pois estas possibilitam o aumento do rendimento

das culturas que as sucedem, pela redução da erosão, conservação de água e reciclagem de nutrientes (CALEGARI et al., 1993).

As leguminosas têm sido, comumente, utilizadas como adubo verde, devido à sua rusticidade, elevada produção de matéria seca, sistema radicular profundo e simbiose com bactérias fixadoras do N₂ atmosférico (ARAÚJO; ALMEIDA, 1993).

Para Costa (1993), as leguminosas são as preferidas como adubo verde, pelo fato das raízes dessas plantas fixarem N₂ atmosférico, em associação com bactérias diazotróficas, enriquecendo o solo com esse nutriente. Além do N, as leguminosas produzem biomassa geralmente rica em P, K e Ca e apresentam sistema radicular bem ramificado e profundo, que permite a reciclagem dos nutrientes no solo que serão assimilados pelas plantas.

Aita et al. (2001) constataram que a fitomassa de leguminosas têm potencial para suprir, não só o carbono orgânico (CO), mas, também, contribuir para melhorar as características físicas, químicas e biológicas do solo. No entanto Sampaio e Maluf (1999) advertem que, uma das limitações da adubação verde por meio do cultivo de cobertura com leguminosas e sua posterior incorporação ao solo é que, com exceção do N proveniente da fixação biológica, a incorporação da biomassa não repõe os outros nutrientes retirados do solo pelas culturas agrícolas, exportados com a venda dos produtos colhidos.

Embora a produção de biomassa seja uma das características mais importantes das leguminosas utilizadas como adubo verde, existe uma grande variação de produção entre as espécies em função das condições edafoclimáticas nas quais são cultivadas (ALVARENGA et al., 1995).

Fernandes et al., 2007 comentou que, para aperfeiçoar o uso dessas espécies, é necessário identificar as mais adaptadas às condições edáficas de cada região e adequá-las à melhor forma de manejo. Assim sendo, a seleção de espécies adaptadas às condições adversas de fertilidade do solo, notadamente à carência de P, Ca e Mg, seria muito importante para aumentar a eficácia no uso da adubação fosfatada e da calagem, visando a sustentabilidade dos sistemas produtivos.

Nesse sentido, o uso de plantas de cobertura do solo tem sido uma estratégia capaz de aumentar a sustentabilidade dos agroecossistemas, trazendo benefícios para as culturas de interesse econômico, o solo e o ambiente, mostrando-se uma alternativa economicamente viável e ecologicamente sustentável.

2.4 MANEJO DE RESÍDUOS ORGÂNICOS E EFEITO DO FÓSFORO

Em solos tropicais ácidos a matéria orgânica desempenha um importante papel na disponibilidade de nutrientes, pois a maior parte da CTC destes solos é devido aos colóides orgânicos. Além disso, sua CTC é fortemente dependente do pH do solo (SILVA, 1998).

Vários estudos têm mostrado que sistemas conservacionistas de manejo proporcionam melhoria na qualidade de solos tropicais e subtropicais. BALESSENT et al. (2000) citam que o plantio direto é um sistema conservacionista muito utilizado, pois, aumenta os estoques de matéria orgânica e a estabilidade de agregados, sendo a magnitude deste efeito dependente do tipo de solo e condições climáticas.

Os efeitos do manejo de resíduos orgânicos dependem diretamente da quantidade e qualidade da MO manejada na superfície do solo (LEMARE et al. , 1987; O'REILLY; SIMS, 1995, NZIGUHEBA et. al., 1998).

A calagem também tem sido muito utilizada, pois, à medida que o pH do solo aumenta, ocorre a redução das concentrações de Fe, Al e Mn na solução, reduzindo a precipitação do fósforo com os mesmos. Isso ocorre até a faixa de pH próximo a 6,5, acima do qual começam a ocorrer perdas de fósforo ligado ao cálcio. Logo, a calagem é muito importante, porém, deve ser realizada com critério. Luchese et al. (2002) observaram que a calagem ainda reduz a "fixação" do fósforo, uma vez que reduz a quantidade de cargas positivas do solo e eleva as negativas (CTC), reduzindo as possibilidades do fósforo utilizado na adubação se ligar fortemente à argila que promoveria menor disponibilização do nutriente.

Na maior parte do Brasil estudos têm demonstrado que os principais fatores que influenciam a adsorção de fósforo no solo são: teor e mineralogia da fração argila, teor de colóides amorfos, pH, alumínio trocável e matéria orgânica (NAKOS, 1987; MEHADI; TAYLOR, 1998; BRENNAN et al., 1994; KER et al., 1996; FONTES; WEED, 1996).

O papel desempenhado pela matéria orgânica é ambivalente, já que ela tanto pode adsorver o fósforo como também bloquear os sítios de adsorção que ocorrem nas superfícies das argilas e dos óxidos de ferro e alumínio (Sanyal & De Datta, 1991).

Ker et al (1996) avaliando adsorção de P em alguns solos latossólicos: em relação à mineralogia e efeito da calagem, observaram que mais que a quantidade e o tipo de mineral, o tamanho dos cristais e a superfície específica são mais importantes na determinação da maior ou menor capacidade de adsorção de P apresentada pelo solo.

O fósforo inorgânico do solo pode ser encontrado em formas ligadas ao ferro, alumínio e cálcio, adsorvido a argilas silicatadas do tipo 1:1, adsorvido à matéria orgânica do

solo através de pontes de cátions (compostos ternários) e, principalmente, adsorvido a oxihidróxidos de ferro e alumínio (PARFITT, 1978), resultando em baixos teores na solução do solo.

As frações orgânicas e inorgânicas de fósforo no solo podem atuar como fonte ou dreno para a solução do solo, dependendo das suas características mineralógicas, das condições ambientais, da fertilização e do manejo do solo (NOVAIS; SMITH, 1999).

Moreira (2006) concluiu em seu trabalho que os atributos dos solos mais estreitamente correlacionados com a adsorção de fósforo foram a matéria orgânica, o fósforo disponível e a capacidade de troca de cátions.

Sabe-se que a MO tem a propriedade de recobrir os óxidos de Fe e Al, diminuindo a superfície de contato destes com os íons fosfatos (KER et al. 1996; FONTES; WEED, 1996) e, conseqüentemente, as reações de fixação de P.

Alguns estudos têm demonstrado que a MO proporciona elevação do pH do solo, diminuindo o efeito de elementos tóxicos, como o alumínio (MYAZAWA et al. , 1992; MYAZAWA et al. , 1993). Materiais orgânicos são fonte natural de fósforo, liberando-o à medida que ocorre sua mineralização. Tal processo é favorecido pela maior concentração de oxigênio e incorporação do material orgânico ao solo (NOVAIS et al. , 2007), podendo afetar a capacidade de sorção de P nos solos (IYAMUREMYE & DICK, 1996).

Nicoloso (2005) relata que a dinâmica da matéria orgânica do solo tem importância chave no entendimento das alterações provocadas pelo manejo que se aplica ao solo, na qualidade do solo e na sustentabilidade produtiva e econômica de um sistema de exploração agrícola. Mas pouco são os trabalhos envolvendo o efeito da MO na dinâmica de P nos solos brasileiros.

Caracterizar a perda de P disponível dos solos é difícil, pois depende de muitos fatores e interações, e é influenciada pela competição entre fontes orgânicas (adubo verde) e inorgânicas (fertilizante) de P para locais de sorção de P (BERG et al., 2006).

Singh e Jones (1976) relataram que a adsorção de P pelo solo aumenta ou diminui em função do tipo de material orgânico, de sua concentração de P e da quantidade adicionada. Materiais orgânicos contendo 0,31% ou mais de P diminuíram a capacidade de adsorção de P, enquanto aqueles contendo 0,22% ou menos aumentaram a quantidade adsorvida.

Nziguheba et al. (1998) verificaram que a eficiência de materiais orgânicos de alta qualidade em aumentar a disponibilidade de P no solo, pode ser igual ou maior que a de uma fonte inorgânica. Os autores observaram, ainda, que a alta qualidade da fonte orgânica reduziu

a adsorção de P, aparentemente, devido à competição por sítios de adsorção, entre fosfato e ânions orgânicos produzidos durante a decomposição do resíduo.

Lemare et al. (1987) verificaram que a adubação verde não afetou a quantidade total de P adsorvido e nem a concentração de P em solução de um Latossolo Vermelho do Brasil. Contudo, observaram maior eficiência do fertilizante fosfatado quando se praticava a adubação orgânica e se utilizavam resíduos de culturas.

Segundo (BARROW, 1998; NOVAIS; SMITH, 1999) a fração orgânica tampona o fósforo da solução do solo. Por outro lado, quando há fertilizações ocorre o acúmulo de fósforo nas formas inorgânicas, que tamponam a solução; a fração orgânica é utilizada em menor escala, permitindo sua acumulação. Quando da adição de fertilizantes fosfatados, ocorre a redistribuição do fósforo em todas as frações do solo, porém, o acúmulo é mais pronunciado nas frações inorgânicas lábeis. Com o tempo, há aumento da energia de adsorção e o fósforo passa gradativamente para formas de menor labilidade, o que caracteriza o processo de "envelhecimento do fósforo." 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 da erosão e a manutenção da cobertura vegetal do solo.

Alguns trabalhos, no entanto, relatam que a matéria orgânica tem a capacidade de diminuir a adsorção/precipitação de P pelo solo, aumentando a disponibilidade desse nutriente para as plantas (STANFORD; PIERRE, 1953; STEVENSON, 1982; KIEHL, 1985; MESQUITA FILHO; TORRENT, 1993; SILVA et al., 1997; BHATTI et al., 1998).

Mesquita Filho e Torrent (1993) encontraram correlação negativa entre matéria orgânica e adsorção máxima de fósforo em solos de cerrados.

O efeito positivo da matéria orgânica na redução da capacidade adsortiva de P em latossolos brasileiros foi demonstrado por Afif et al. (1995), embora Mesquita Filho e Torrent (1993) tenham concluído ser esse efeito temporário.

As informações sobre a influência da matéria orgânica do solo na disponibilidade de fósforo muitas vezes são discordantes. Há afirmações que os compostos orgânicos do solo podem adsorver o fosfato inorgânico, formando complexos ternários, intermediados por pontes de cátions, como o ferro e alumínio (BELDROK et al. , 1997). Outros relatos afirmam que 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 (HUE, 1991; MESQUITA FILHO; TORRENT, 1993; IYAMUREMYE et al. , 1996; NZIGUHEBA et al., 1998).

A baixa disponibilidade de fósforo nos solos da região norte do Brasil mostra o quanto é importante o estudo do comportamento desse elemento no solo, com vista a um adequado suprimento às plantas, pois tal conhecimento contribui para o estabelecimento de um método apropriado para adubação fosfatada, já que a capacidade dos solos em adsorver fósforo influencia diretamente na resposta das plantas à aplicação de fertilizantes (Moreira et al., 2006).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO DO EXPERIMENTO E SOLO UTILIZADO

O trabalho foi desenvolvido na Área de Ciência do Solo do Instituto de Ciências Agrárias (ICA) da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA). Foram utilizadas amostras da profundidade 0,20 a 0,40 m de um Latossolo Amarelo muito argiloso (Embrapa, 1997), coletado no município de Paragominas, no sudeste do Pará.

As amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneiras com malha de 2 mm de diâmetro. Na terra fina seca ao ar (TFSA) resultante foi efetuada a caracterização química e granulométrica, conforme a metodologia preconizada por Embrapa (1997), e que está apresentada na Tabela 1.

Tabela 1. Análise química e granulométrica da amostra de Latossolo Amarelo na profundidade de 0,20 a 0,40 m, Paragominas-PA.

pH		C _{org}	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
4,95	4,85	8,90	15,35	0,00	0,00	0,74	1,04	0,26	1,08
Areia (%)							4		
Silte (%)							8		
Argila(%)							87		

3.2 TRATAMENTO E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Como delineamento experimental foi utilizado o inteiramente casualizado, com tratamentos em arranjo fatorial 2x2x5, sendo 2 níveis de corretivo (sem corretivo e uma dose recomendada pelo método da neutralização do Al trocável e da elevação dos teores de Ca + Mg, utilizando calcário dolomítico com PRNT= 95%); dois materiais vegetais (crotalaria juncea e feijão-de-porco) e cinco níveis de materiais vegetais (0, 5, 10, 15 e 20 t ha⁻¹ de matéria seca). Foram utilizadas quatro repetições, totalizando 80 parcelas.

O trabalho foi desenvolvido em três etapas básicas: Na primeira, houve plantio das espécies leguminosas em condições de campo; na segunda, incubação das amostras de solo; e na terceira, a análise laboratorial.

3.3 PLANTIO DAS LEGUMINOSAS NO CAMPO

Nessa fase foi realizado o plantio de duas espécies leguminosas em condições de campo, para obtenção dos materiais vegetais que seriam então utilizados na incubação com as amostras de Latossolo Amarelo (Figura 1).



Figura 1: Aspecto geral do plantio de leguminosas na fase inicial do experimento (UFRA) Belém-PA.

No preparo da área, localizada na Universidade Federal Rural do Pará/UFRA, foi realizada inicialmente, uma análise de solo, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2, seguido de uma roçagem, gradagem e aplicação de calcário. A necessidade de calcário para essa fase foi determinada pelo método da saturação por base $V=60\%$ usados para leguminosas pois, possui nódulos e em função disso necessitam desse valor de saturação. Os materiais vegetais (leguminosas) foram cultivados até o período anterior a floração, em parcelas de 20 m^2 .

Os materiais vegetais utilizados no trabalho foram *Crotalária juncea* e Feijão-de-Porco (*Canavalia ensiformis*). A leguminosa *Crotalária juncea* foi plantada no espaçamento 0,25 metros e o feijão de porco 0,5 metros entre linhas, com densidade 40 e 50 sementes, respectivamente, por metro linear. Por ocasião do corte da leguminosa foi utilizada a parte aérea de 16 plantas, das quais foram retiradas as amostras desses materiais vegetais para

serem secas em estufa a 65 °C, moídas e acondicionadas em sacos plásticos, onde cada amostra continha 1 quilograma de cada material vegetal.

Tabela 2. Análise química do Latossolo Amarelo na profundidade de 0-20, Belém-PA

pH		C _{org}	M.O	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al
H ₂ O	KCl	g kg ⁻¹	g kg ⁻¹	mg dm ⁻³	-----cmol _c dm ⁻³ -----				
4,87	3,92	11,69	20,15	9,49	0,09	0,54	0,44	1,11	6,71

3.3.1 Análises de Tecido Vegetal

Os materiais vegetais foram analisados quimicamente, e os teores de P, N, K, Ca e Mg, na matéria seca foram determinados após digestão ácida seguindo a metodologia descrita por Malavolta et al. (1997) e apresentados na Tabela 3. As quantidades destes elementos acumuladas na parte aéreas das plantas foram calculadas a partir das quantidades de matéria seca produzida no campo e os respectivos teores na matéria seca.

Tabela 3. Análise química tecido vegetal das leguminosas feijão-de-porco (FP) e crotalária juncea (CJ)

LEGUMINOSA	P	N	K	Ca	Mg
-----g kg ⁻¹ -----					
FP	3,16	21,97	6,36	8,63	3,27
CJ	3,24	21,49	7,97	10,53	4,09

3.4 INCUBAÇÃO DO SOLO COM MATERIAL VEGETAL

3.4.1 Análise Química do Solo Antes da Incubação

Para análise dos atributos químicos do solo em estudo, foram determinados o pH em água e em KCl, P e K extraído com (Mehlich) e determinado por colorimetria e fotometria de chama., Ca e Mg pelo método complexométrico com EDTA e determinado por titulação, Al trocável e H⁺ + Al⁺⁺⁺ pelo método da volumetria de neutralização e carbono orgânico pelo método da Walkley Black, segundo metodologia preconizada pela Embrapa (1997).

3.4.2 Pré – Incubação com Calcário

As amostras, de 2,5 kg de terra, que receberam dose de calcário passaram por um período de pré – incubação de 15 dias, antes da incubação com material vegetal. Essa incubação foi realizada em vasos com capacidade para 3,0 kg de terra.

Ao final da pré-incubação do calcário, foram coletadas amostras de terra dos vasos, que foram secas ao ar, destorroadas, moídas, passadas em peneira de 2 mm e submetidas à determinação do pH (Tabela 4).

Tabela 4. Valores de pH antes e após a incubação do solo com calcário.

SOLO	pH	
	H ₂ O	KCl
Antes de incubação	4,95	4,85
Após incubação com calcário	5,69	5,57

3.4.3 Incubação do Solo com Leguminosa

Ao final do período de pré-incubação com calcário as amostras de solo foram homogeneizadas com os materiais vegetais e incubadas por 90 dias. Durante todo o tempo, a umidade foi mantida próximo à capacidade de campo, que foi calculada utilizando o método da pesagem.

Nesta fase foram realizadas duas coletas de solo: a primeira aos 45 dias e a segunda aos 90 dias. Para essas coletas foi utilizado um tubo de PVC para que as amostras fossem retiradas de maneira uniforme. As amostras de terra dos vasos foram secas ao ar, passadas em peneira de 2 mm e submetidas à estudo de adsorção do fósforo em laboratório.

3.5 ESTUDO DA ADSORÇÃO DE FÓSFORO

Com as amostras de solo coletadas aos 45 e 90 dias foram realizados o estudo de adsorção de fósforo. Para tanto, foi necessário definir a amplitude das doses de fósforo que

foram utilizados no estudo. Inicialmente, foi realizada a avaliação de P remanescente (P-rem), segundo a metodologia sugerida por Alvarez V. et al. (2000).

O método é rápido e resume-se em: colocar 5 cm³ de TFSA em erlenmeyer de 125 mL e adicionar 50mL de solução de CaCl₂ 10 mmol L⁻¹ contendo 60 mg L⁻¹ de P, na forma de KH₂PO₄. Agitar por uma hora e após centrifugar e filtrar, determinar-se o teor de P em solução.

A determinação do P-remanescente possibilitou a definição das doses de P utilizadas na avaliação da adsorção de P, que foi realizada segundo metodologia utilizada por Casagrande (1993). Assim, 2,5 g de TFSA de cada amostra foram colocados em tubo de centrífuga, nos quais foram adicionadas soluções com doses de P de 0, 10, 20, 30, 40, 60, 70, 90, 110, 130, 150 µg mL⁻¹, na forma de KH₂PO₄, contendo CaCl₂ a 0,01 mol L⁻¹ (eletrólito suporte). Após isso, procedeu-se agitação por 24h seguida de filtragem lenta. No sobrenadante foi determinado o teor de P da solução de equilíbrio. A diferença entre a quantidade de P adicionado e o presente na solução de equilíbrio indicou a quantidade de P adsorvido.

Para determinação de P nesse estudo de adsorção, foi utilizado o método colorimétrico do azul de molibdênio, que é baseado no emprego do reativo sulfobismutomoibídico e ácido ascórbico como redutor (EMBRAPA, 1997).

Os resultados de P na solução de equilíbrio e P adsorvido foram utilizados para a avaliação da adsorção pela isoterma de Langmuir. Neste trabalho a capacidade máxima de adsorção de fósforo (b) foi denominada de CMAP.

Os parâmetros utilizados para avaliação da adsorção de P foram capacidade máxima de adsorção (CMAP) e constante de afinidade (k).

3.6 AVALIAÇÃO E ANÁLISE ESTATÍSTICA DOS RESULTADOS

Os parâmetros capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) e constante de afinidade (k) foram submetidos à análise de variância. Quando as doses dos materiais vegetais, a calagem e o tipo de leguminosa, ou ainda as interações entre esses fatores se mostraram significativos pelo teste F, a comparação entre as médias foi feita pelo teste Duncan e Tukey a 5% de probabilidade. A avaliação dos efeitos das doses dos materiais vegetais sobre a disponibilidade de P foi realizada pela análise de regressão. Para a análise estatística utilizou-se o programa estatístico SAEG.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 REPRESENTAÇÃO GRÁFICA DA ADSORÇÃO DE FÓSFORO.

Os resultados relativos ao estudo de adsorção de fósforo dos períodos de incubação com leguminosas aos 45 e 90 dias, estimados a partir da isoterma de Langmuir, representando a quantidade de fósforo adsorvido em função da concentração de P aplicada, não demonstraram ampla variação na quantidade de P adsorvido, porém assumiram a forma L (SPARKS, 1995), onde a afinidade inicial é alta, e conforme aumenta a cobertura da superfície, diminui a afinidade e a declividade (SPOSITO, 1994). Nas Figuras 2 e 3 encontram-se os resultados obtidos aos 45 e 90 dias de incubação.

Avaliando a Figura 2, nota-se que para a leguminosa feijão-de-porco (FP) não houve diferença entre os dados experimentais e estimados nas doses 0, 5, 10 e 15 t ha⁻¹, para os dois níveis de calagem, porém, na quinta dose (20 t ha⁻¹) houve diferença para o solo com calcário, demonstrando uma pequena redução da quantidade de P adsorvido.

Quanto à leguminosa crotalária (CJ) observa-se que para todas as dosagens houve diferença. No caso das doses 5, 10 e 15 t ha⁻¹, sem o uso de calcário, ocorreu diminuição da quantidade de P adsorvido, sendo o inverso para as demais dosagens.

Na Figura 3, com os resultados aos 90 dias observou-se, diferentemente dos primeiros 45 dias, menores valores da quantidade de P adsorvido para a leguminosa FP nas doses 10, 15 e 20 t ha⁻¹ no solo com calcário.

Para a leguminosa CJ, aos 90 dias, observou-se que em todas as doses houve redução da quantidade de P adsorvido, para o solo com calcário.

A sustentabilidade de um solo depende, entre outros fatores, de um manejo adequado. Na representação gráfica, o manejo com calcário e leguminosa demonstrou influencia positiva na redução da quantidade de P adsorvido apesar do pouco tempo para decomposição das espécies.

Gama (2002) estudando adsorção de P em duas áreas com diferente idade de pousio submetida a diferentes métodos de preparo do solo, concluiu que a manutenção da massa vegetal é mais vantajosa, pois não diminui a fertilidade do solo e reduz a capacidade de adsorção de P.

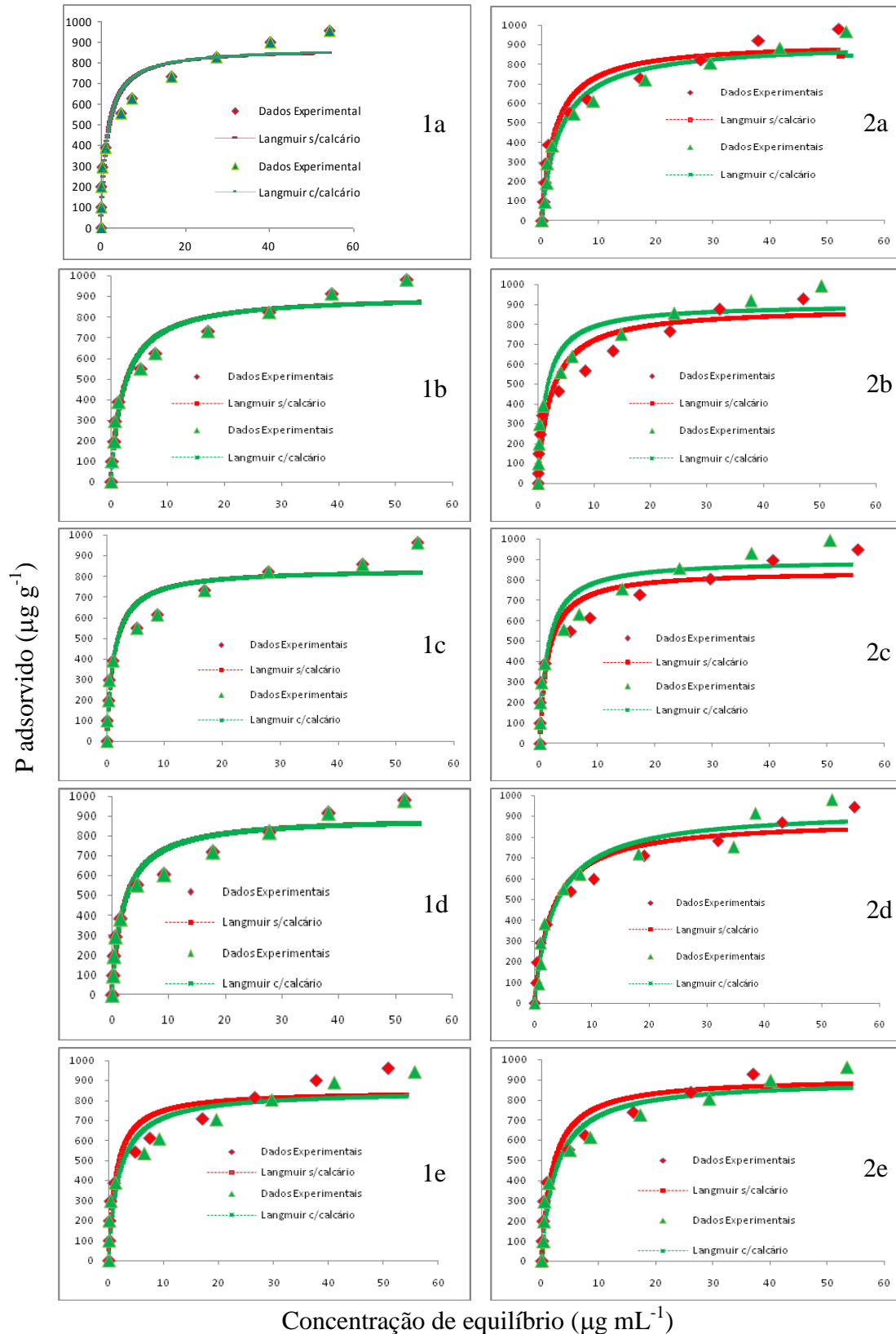


Figura 2. Resultados experimentais e estimados de P adsorvido pela isoterma de Langmuir em função da calagem, tipo de leguminosas (1- feijão de porco e 2- crotalaria juncea) e doses de matéria seca utilizadas (a- 0 , b- 5, c- 10, d- 15 e e- 20 t ha^{-1}) aos 45 dias.

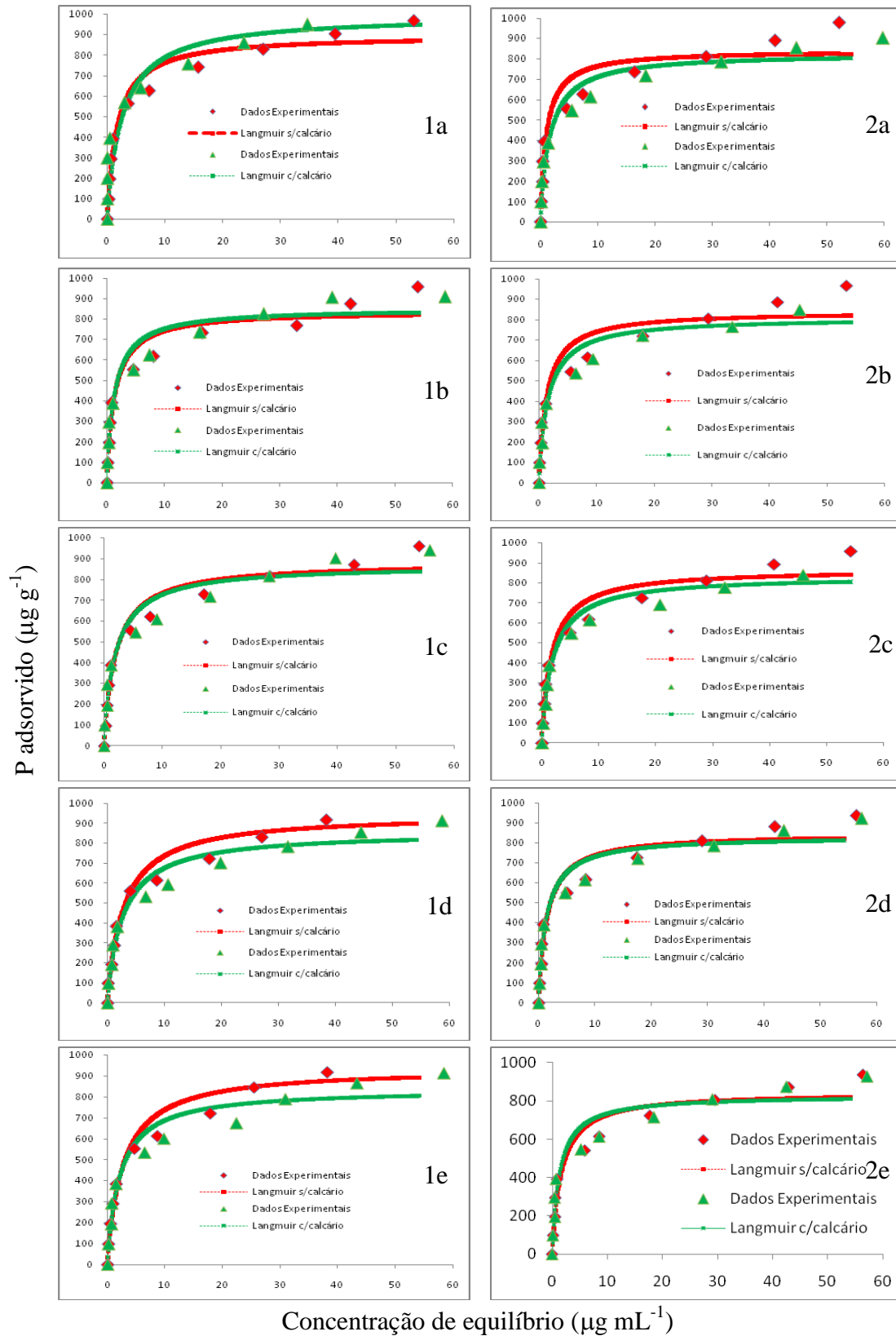


Figura 3. Resultados experimentais e estimados de P adsorvido pela isoterma de Langmuir em função da calagem, tipo de leguminosas (1- feijão de porco e 2- crotalária juncea) e doses de matéria seca utilizadas (a- 0, b- 5, c- 10, d- 15 e e- 20 t ha⁻¹) aos 90 dias.

4.2. RESULTADO DA INCUBAÇÃO COM MATERIAL VEGETAL AOS QUARENTA E CINCO DIAS

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se os resumos da análise de variância representada pelos valores de quadrado médio e níveis de significância das variáveis constante de afinidade de adsorção (k) e capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, após quarenta e cinco dias de incubação

Tabela 5: Valores de quadrado médio e níveis de significância para k em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Leg	1	0,1328450 ns
Dose	4	0,2679231 *
Cal	1	0,1620000 ns
Dose * Leg	4	0,1354294 ns
Dose * Cal	4	0,2514188 ns
Cal * Leg	1	0,4050000 ns
Resíduo	61	0,8786496
Total corrigido	79	
C.V	48,43	
Média geral	0,61	

^{ns}, e * indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 % de probabilidade (teste F).

Tabela 6: Valores de quadrado médio e níveis de significância para CMAP em função da calagem, doses e tipos de leguminosas em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Leg	1	12103,69 ns
Dose	4	8779,787 *
Cal	1	1896,573 ns
Dose * Leg	4	2022,819 ns
Dose * Cal	4	933,6418 ns
Cal * Leg	1	2330,425 ns
Resíduo	61	3239,216
Total corrigido	79	
C.V	6,41	
Média geral	888,25	

^{ns}, e * indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 % de probabilidade (teste F).

Nos primeiros quarenta e cinco dias do experimento só houve efeito significativo das doses de leguminosas sobre a constante de afinidade (k) e a capacidade máxima de adsorção de P (CMAP). Os demais tratamentos e suas interações não proporcionaram diferença significativa sobre essas variáveis. As diferenças significativas a 5% ($p < 0,05$) foram observadas entre as doses 10, 15 e 20 t ha⁻¹ (Tabela 7), para valores k em função das doses de leguminosas.

Tabelas 7. Valores médios de k (ug g⁻¹) em função das doses de leguminosas aplicadas em Latossolo Amarelo, aos 45 dias da incubação.

	Doses (t ha ⁻¹)				
	0	5	10	15	20
k	0,60 AB	0,56 AB	0,77 A	0,43 B	0,68 A

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Observa-se na Tabela 7, que a dose 0 e 5 t ha⁻¹ de material vegetal não diferenciaram das demais, enquanto que a de 15 t ha⁻¹ se mostrou mais eficiente entre as doses 10 e 20 t ha⁻¹, proporcionando uma diminuição significativa ($P < 0,05$), na constante de afinidade (k). Esses resultados também são observados em alguns trabalhos quando da utilização de maiores dosagens. Uma das justificativas para isso é um provável recobrimento dos óxidos de ferro e alumínio trocável do solo pela matéria orgânica (KER et al. 1996; FONTES; WEED, 1996). Os dados de resposta da constante de afinidade da quarta dose (15 t ha⁻¹), quando comparados com as doses 0 e 5 t ha⁻¹ demonstram inconsistência, haja vista que, a quarta dose diferiu da terceira (10 t ha⁻¹), logo deveria diferenciar-se nas dosagens menores que a terceira.

Em trabalhos que conseguiram obter a redução do valor k com o aumento do conteúdo de matéria orgânica, foi observado redução da quantidade de fósforo adsorvido. Mesquita filho e Torrent (1993) encontraram correlações negativas entre adsorção máxima de P e teores de matéria orgânica em solos de cerrado.

Hue (1991) observou que as constantes k , estimadas pelo modelo de Langmuir, sugerem que o elemento P é mais fortemente adsorvido nas menores doses, onde a matéria orgânica teve menor influência, permitindo maior exposição das superfícies dos colóides minerais, contribuindo com a estreita associação entre P e óxidos de Fe e Al.

Traina et al. (1986) concluem que ácidos orgânicos são capazes de solubilizar fosfatos de ferro e alumínio, reduzir a precipitação de fosfatos por íons Fe e Al e diminuir a adsorção de P por oxihidróxidos de ferro e de alumínio. Para Bradley e Sieling (1953) essas substâncias orgânicas que existem no solo como resultado da decomposição de resíduos de plantas e animais podem formar complexos organo-metálicos estáveis com íons Fe e Al em várias faixas de pH, diminuindo a precipitação de fósforo.

Os resultados obtidos neste trabalho aos 45 dias de incubação não corroboram com os estudos citados anteriormente, pois na dose 10 t ha⁻¹ observa-se essa tendência.

Os valores médios de CMAP em função das doses de leguminosas encontram-se na Tabelas 8. Observa-se que a dose 0 t ha⁻¹ de materias vegetais não diferiu estatisticamente das demais doses, enquanto que a terceira dose (10 t ha⁻¹) proporcionou efeito significativo (P<0,05) em relação as doses 5 e 15 t/ha⁻¹, com diminuição da capacidade máxima de adsorção.

Tabelas 8. Valores médios de CMAP (ug g⁻¹) em função das doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 45 dias da incubação.

	Doses (t ha ⁻¹)				
	0	5	10	15	20
CMAP	893,29 AB	908,65 A	856,52 B	910,44 A	872,30 AB

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5% de probabilidade

Embora tenha ocorrido essa diferença significativa, esses resultados não indicam que a dose (10 t/ha⁻¹) é ideal dentro do tempo de avaliação, para reduzir a capacidade máxima de adsorção de fósforo, uma vez que também demonstram inconsistência, haja vista não diferiram estatisticamente da dose 0 t ha⁻¹ ou testemunha. A não diferença das dosagens com a testemunha, provavelmente ocorreu devido o tempo de incubação aos quarenta e cinco (45) dias ter sido insuficiente para a decomposição do material vegetal.

4.2 RESULTADOS DA INCUBAÇÃO COM MATERIAL VEGETAL AOS NOVENTA DIAS

Nas Tabelas 9 e 10 encontram-se os resumos da análise de variância representada pelos valores de quadrado médio e nível de significância das variáveis constante de afinidade de adsorção (k) e capacidade máxima de adsorção de fósforo (CMAP) em função da calagem, doses e tipos de leguminosas.

Aos noventa dias não houve efeito significativo de calagem e doses de leguminosas sobre a variável constante de afinidade de adsorção. Porém, nas interações ocorreu diferença

significativa ao nível de 1% entre doses e tipos de leguminosas e ao nível de 5% entre doses e calagem. Já nas interações entre calagem e tipos de leguminosas não houve efeito significativo.

Tabela 9: Valores de quadrado médio e níveis de significância para k em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Leg	1	0,9945800 * *
Dose	4	0,1160669 ns
Cal	1	0,8844500 ns
Dose * Leg	4	0,1657081 * *
Dose * Cal	4	0,1236794 *
Cal * Leg	1	0,2048000 ns
Resíduo	61	0,4866078
Total corrigido	79	
C.V	34,918	
Média geral	0,631	

^{ns}, * e **, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (teste F).

Tabela 10: Valores de quadrado médio e níveis de significância para CMAP de fósforo em função da calagem, doses e tipos de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Leg	1	64533,89 * *
Dose	4	5137,616 * *
Cal	1	8480,609 *
Dose * Leg	4	5176,221 * *
Dose * Cal	4	6641,768 * *
Cal * Leg	1	57,29112 ns
Resíduo	61	1619,059
Total corrigido	79	
C.V	4,648	
Média geral	865,62	

^{ns}, * e **, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5 e 1% de probabilidade (teste F).

Os valores médios de k em função das interações entre doses de materiais vegetais e tipos de leguminosas encontram-se na Tabela 11. Observa-se que os valores médios de k nas doses 15 e 20 t ha⁻¹ de material vegetal da leguminosa feijão-de-porco foram significativamente inferiores (p<0,01), àqueles encontrados para a leguminosa crotalaria em todas as doses, demonstrando que nas maiores doses, o feijão-de-porco foi mais efetivo na

redução do valor da constante de energia de ligação. Isso significa que a adsorção é mais reduzida nessas condições.

Tabela 11. Valores médios k ($\mu\text{g g}^{-1}$) em função da interação entre tipos e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.

Leguminosas	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
FP	0,50 Bb	0,77 Aab	0,55 Aab	0,36 Bb	0,42 Bb
CJ	0,87 Aab	0,75 Aab	0,58 Ab	0,79 Aab	0,73 Aab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5%.

Na interação ocorreram diferenças significativas. Entretanto, esses valores não podem ser considerados como consistentes, haja vista a falta do efeito significativo das doses, isoladamente. Isto pode ter ocorrido devido o tempo de incubação (90 dias) ter sido insuficiente para atividade de decomposição do resíduo vegetal.

Segundo Cantarella et al. (1992), a liberação do P contido em materiais orgânicos ocorre de forma relativamente mais lenta, o que indica uma possível insuficiência de tempo para a efetiva mineralização deste nutriente durante os 90 dias de incubação no presente estudo.

Esse tempo insuficiente aos 90 dias pode ter sido influenciado por vários fatores inerente a taxa de decomposição, como a relação C/N, teor de lignina e manejo, que por sua vez, define o tamanho dos fragmentos. Esses fatores, em interação com ação do clima, temperatura do ar e precipitação pluvial influenciam na atividade dos organismos decompositores, acelerando ou reduzindo o processo de decomposição (BORTOLUZZI; ELTZ, 2000; ESPÍNDOLA et al., 2006; TORRES et al., 2007; HOLTZ, 1995; MOORE, 1986).

A falta de influência significativa das doses dos materiais vegetais sobre cada tipo de leguminosa está em desacordo com os dados obtidos por Vitti et al. (1979), o que pode ser associado ao curto período do presente experimento, bem como às quantidades de fitomassa utilizada.

Vitti et al. (1979), estudando Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo observou que os cultivos de adubos verdes influenciaram positivamente nos atributos químicos do solo, como pH, MO, K, Mg, Al, H + Al, SB e V.

A análise estatística demonstrou que os dois tipos de materiais vegetais diferenciaram significativamente entre si na constante de afinidade de adsorção, em função da interação com as doses, onde o feijão-de-porco foi considerado mais eficiente que a crotalária, nas maiores doses aplicadas.

Heinrichs et al. (2005) concluíram que o feijão-de-porco em comparação com mucuna anã, guandu anão, crotalária e plantas invasoras, apresentou maior produção de fitomassa e acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre, evidenciando a sua superioridade em relação às demais espécies estudadas.

Favero et al. 2001, em seu estudo constatou que o feijão-de-porco apresentou crescimento inicial rápido e ciclo mais curto entre as espécies testadas. Embora tenha exercido efeito de abafamento sobre as plantas espontâneas no início do ciclo, na terceira época de avaliação, 84 dias da emergência, já apresentava sinais de início de senescência, com diminuição na biomassa, ressecamento e queda de folhas mais baixas e, conseqüentemente, redução na cobertura proporcionada ao solo. Nessas condições, propiciou a queda da pressão de abafamento e o surgimento e o crescimento das plantas espontâneas.

As pesquisas sobre a facilidade na decomposição dos restos de palha em lavouras demonstram que há uma relação direta aos componentes bioquímicos que fazem parte do material orgânico, como a celulose e a lignina que necessitam de mais tempo para a sua decomposição, por isso permanecendo no solo por mais tempo. Nesta fase os materiais tenros com relação C/N mais estreita associada a altas temperaturas, umidade e atividade microbológica são muito favoráveis a decomposição da palhada. Fatores bióticos e abióticos também determinam à velocidade do processo de decomposição e definem a persistência dos resíduos na superfície do solo (Espindola et al., 2006; Holtz; Sá, 1995).

O feijão-de-porco apresenta folhas grandes fornecendo boa cobertura, a crotalária apresenta-se menos folhosas e com maior proporção de talos. Essa diferença segundo Andrada et al. (2000) confere para essas culturas um comportamento diferente no solo durante a sua decomposição, com implicações diferenciadas sobre a dinâmica de liberação de nutrientes de seus resíduos. Este é um aspecto ainda pouco estudado no Brasil.

Os valores médios de k em função das interações entre calagem e doses de leguminosas, encontram-se na Tabela 12. Nas maiores doses do material vegetal, independente da calagem, foram obtidos os menores valores para a constante de afinidade de adsorção (k), sem diferenças significativas. O efeito positivo da calagem foi observado no tratamento com omissão do material vegetal, com valor que não diferenciou significativamente daqueles obtidos nas maiores dosagens. Neste caso, deverá ser avaliada a

relação econômica custo/benefício, além dos efeitos agronômicos adicionais na qualidade do solo, oferecida pelo uso do calcário, isoladamente, ou pelas doses de leguminosas indicadas nesta pesquisadas, sem a calagem.

Tabela 12. Valores médios k ($\mu\text{g g}^{-1}$), entre calagem e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.

Calagem	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
SC	0,85 Aab	0,81 Aabc	0,60 Abc	0,56 Ac	0,50 Ac
CC	0,53 Ba	0,70 Aab	0,53 Aa	0,58 Aab	0,66 Aab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5%.

Os resultados relativos aos valores médios da capacidade máxima de adsorção de fósforo, em função da interação entre doses e tipos de leguminosas, encontram-se na Tabela 13. Em relação à leguminosa feijão-de-porco, observa-se que todas as doses aplicadas promoveram a redução da CMAP, em relação à testemunha, com valores que não apresentaram diferenças significativas entre si. Quanto à crotalária, não houve diferenças significativas entre os valores para a CMAP obtidos diante de todas as doses dessa leguminosa. Entretanto, nas maiores doses (15 e 20 t ha^{-1}) observa-se uma superioridade da crotalária na redução dessa adsorção, frente ao feijão de porco.

A redução da capacidade máxima de adsorção de fósforo com esse material, provavelmente deveu-se ao melhor recobrimento dos óxidos de ferro e alumínio diminuindo a precipitação do fósforo.

Sabe-se que a matéria orgânica tem a propriedade de recobrir os óxidos de Fe e Al, diminuindo a superfície de contato destes com os íons fosfatos (KER et. al. 1996; FONTES & WEED, 1996), e conseqüentemente, as reações de fixação de P.

Tabela 13. Valores médios da CMAP (ug g^{-1}) em função da interação entre tipos e doses de leguminosa aplicadas em um Latossolo Amarelo aos 90 de incubação.

Leguminosa	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
FP	945,09 Aa	850,71 Ac	879,54 Abc	903,25 Abc	891,53 Abc
CJ	832,38 Bac	826,95 Aac	852,66 Aa	838,59 Ba	835,52 Bac

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Na Tabela 14 encontram-se os valores de CMAP em função das doses de leguminosas e calagem, em interação. Com isso, observa-se que o efeito mais positivo da calagem ocorreu em interação com a maior dose de material vegetal (20 t h^{-1}) com valor para CMAP igual a $833,3 \text{ ug g}^{-1}$ que, entretanto, não diferiu estatisticamente dos valores obtidos com as outras dosagens. Na ausência da calagem, o menor valor para aquela variável ($843,7 \text{ ug g}^{-1}$) foi obtido em interação com a dose de 5 t h^{-1} de material vegetal, que também, não diferiu significativamente das demais dosagens. Ressalte-se que em todas as dosagens de material vegetal, os menores valores obtidos para a CMAP, foram obtidos diante da calagem.

Tabela 14. Valores médios da CMAP (ug g^{-1}) em função da interação entre calagem e doses de leguminosa aplicadas em um Latossolo Amarelo aos 90 dias de incubação.

Calagem	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
SC	867,62 Bb	843,70 Ab	877,62 Aab	896,90Aab	893,75 Aab
CC	909,84 Aab	833,97 Ab	854,59Ab	844,93Bb	833,30 Bb

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Duncan a 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 15 encontra-se o resumo da análise de variância representada pelos valores de quadrado médio e nível de significância da variável fósforo disponível aos 90 dias de incubação, em função da calagem, dose e tipo de leguminosas. Houve efeito significativo para doses e tipos de leguminosas, isoladamente, e efeito de interação entre doses e tipos de leguminosas. Não houve efeito da calagem, isoladamente ou em interações.

A concentração de P disponível obtida com a dose de 20 t há^{-1} ($1,25 \text{ mg dm}^{-3}$), foi superior significativamente a todas as demais dosagens (Tabela 16), mostrando similaridade

com os dados de CMAP e k, que se mostraram mais efetivos sob a ação dessa mesma dose de material vegetal.

Gama (2002) avaliando duas áreas distintas no nordeste do Estado do Pará verificou que a CMAP no solo tende a ser maior em áreas com pouca vegetação. Nota-se nesse estudo a importância da presença da matéria orgânica para redução desse parâmetro químico no solo.

Tabela 15. Valores de quadrado médio e níveis de significância para fósforo disponível em função da calagem, dose e tipo de leguminosas, em um Latossolo Amarelo, aos 90 de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Leg	1	0,999699 *
Dose	4	3,327686 *
Cal	1	0,3250535 ns
Dose * Leg	4	0,1861744 *
Dose * Cal	4	0,116206 ns
Cal * Leg	1	0,1300214 ns
Resíduo	64	0,5886719
Total corrigido	79	
C.V	16,792	
Média geral	0,571	

^{ns}, e ^{*}, indicam respectivamente, não significativo, significativo a 5% de probabilidade (teste F).

Tabelas 16. Os valores médios da concentração de P disponível (mg dm^{-3}) em função das doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.

	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
P	0,13 D	0,22 D	0,46 C	0,44 B	1,25 A

Médias seguidas de mesma letra, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5%.

A dose de material vegetal que melhor representa a diminuição da CMAP e o aumento da disponibilidade de P é uma alternativa promissora para reduzir o custo com insumos.

Neste estudo não foi possível identificar a dose mais representativa na redução da CMAP e k afim de proporcionar aumento da disponibilidade de P, devido o tempo de incubação do material no estudo, conforme discutido anteriormente. No entanto, para o solo em estudo a análise demonstrou que a matéria orgânica influenciou nos valores de CMAP, k e concentração de P disponível, concordando com os trabalhos de (STANFORD e PIERRE,

1953; STEVENSON, 1982; KIEHL, 1985; MESQUITA FILHO e TORRENT, 1993; SILVA et al., 1997 e BHATTI et al., 1998).

Na Figura 4 observa-se a concentração de P disponível em função das doses de leguminosas se ajustando a uma regressão do 1º grau, com resposta positiva dos valores da concentração de P disponível causadas pelas diferentes doses de material vegetal aplicadas. O comportamento ascendente da curva indica que as doses aplicadas foram insuficientes para determinar o valor máximo para ser utilizado no aumento do teor de P disponível.

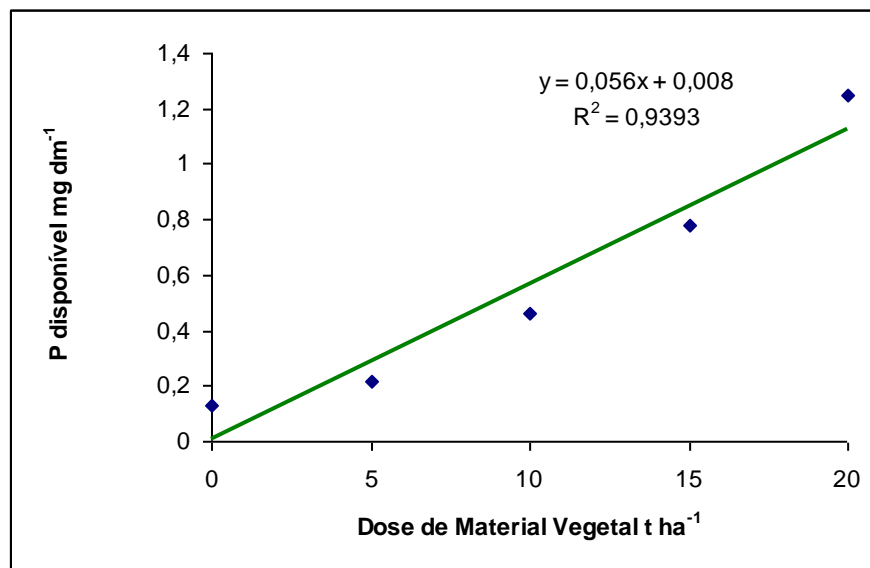


Figura 4. Valores médios da concentração de P disponível em função das doses de material vegetal aplicadas em um Latossolo Amarelo, Paragominas-PA.

Na Tabela 17 estão apresentados os teores médios de P disponíveis em função das interações entre doses e tipos de leguminosas. Foram observadas diferenças significativas com superioridade da leguminosa crotalária em relação ao feijão-de-porco nas dosagens 10, 15 e 20 t ha⁻¹, com valores superiores às demais doses. Essa diferença também foi notada para valores de CMAP, provavelmente, pelo maior eficiência da crotalária na mineralização do fósforo de seus tecidos.

Na Figura 5 nota-se os dados de P disponível do solo estudado, em função da interação entre doses e tipos de leguminosas, se ajustando a uma regressão do 1º grau, onde se observa uma resposta positiva linear desses fatores de variação, demonstrando que as doses não foram suficientes para determinar a máxima resposta para P disponível.

Tabelas 17. Valores médios da concentração de P disponível (mg dm^{-1}) em função da interação entre tipos e doses de leguminosas, aplicadas em um Latossolo Amarelo, aos 90 dias de incubação.

Leguminosa	Doses (t ha^{-1})				
	0	5	10	15	20
FP	0,12 Ad	0,22 Ad	0,41 Bc	0,63 Bb	0,99 Ba
CJ	0,15 Ad	0,22 Ad	0,52 Ac	0,94 Ab	1,50 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula, nas colunas, e mesma letra minúscula, nas linhas, não diferem significativamente pelo teste Tukey a 5%.

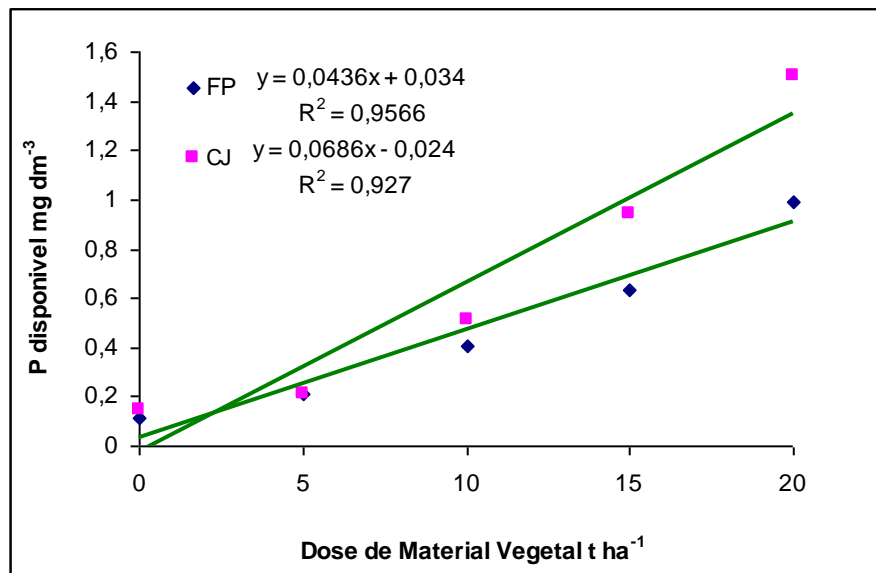


Figura 5. Valores médios da concentração de P disponível em função da interação doses tipo e doses de leguminosas aplicadas em um Latossolo Amarelo, Paragominas-PA.

5. CONCLUSÕES

- A matéria orgânica e a calagem influenciaram positivamente, aos 90 dias da incubação, a CMAP, k e disponibilidade de P do solo.
- Provavelmente o tempo de incubação, 90 dias, foi insuficiente para efetiva mineralização do P contido nos materiais orgânicos.
- A leguminosa mais indicada para reduzir adsorção foi a crotalária. O baixo efeito na redução de adsorção devido o tempo de incubação, não invalida a utilização da espécie, pois a mineralização é importante para ciclagem de nutriente no solo.
- O solo em estudo apresenta uma alta capacidade de adsorção de fósforo, sendo necessário o manejo com leguminosas ou com calcário para minimizar esse efeito.
- Diante de doses elevadas de material vegetal, ocorreu efeito positivo da calagem na redução da capacidade máxima de adsorção de fósforo.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AFIF, E.; BARRÓN, V. ; TORRENT, J. Organic matter delays but does not prevent phosphate sorption by cerrado soils from Brazil. **Soil Science** , v. 159, n.3, p.207-211, 1995.

AITA, C.; BASSO, C.J; CERETTA, C.A; GONÇALVES, C.N. ; DA ROS, C.O. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p. 157-165, 2001.

ALVARENGA, R.C. ; COSTA, L.M. ; MOURA FILHO, W. ; REGAZZI, A.J. Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n. 2, p. 175-185, 1995.

ALVAREZ.V, V. H. ; NOVAIS, R.F. ; DIAS, L.E. ; OLIVEIRA, J. A. DE. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Revista Brasileira de Ciência do Solo – Boletim informativo**, v. 25, n. 1, p. 27-32, 2000.

AQUINO, B. F. **Conceitos fundamentais em fertilidade do solo**. Fortaleza: UFC, 2004. 182p. (Apostilas Didáticas).

ARAÚJO, A.P. ; ALMEIDA, D.L. Adubação verde associada a fosfato de rocha na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**., v.28, p. 245-251, 1993.

ATKINS, P. W. **Physical chemistry**. 5.ed. Oxford: Oxford University Press. 279p. 1994.

BALESDENT, J.; CHENU, C.; BALABANE, M. Relationship of soil organic matter dynamics to physical protection and tillage. **Soil Till Res**, v.53, p. 215-230, 2000.

BARROS JÚNIOR, M. C. de. Técnicas de Perda de fósforo: de adubação. n. 164, set. 2003. Disponível em www.manah.com.br. Acesso em: 10 jul. 2007.

BARROW, N. J. BOLLAND, M. D. A. ; ALLEN, D.G. Effect of addition of superphosphate on sorption of phosphate. **Australian Journal of Soil Research**. v. 36, p. 359-372, 1998.

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.

BERG, A.S. ; JOEM, B. C. Sorption. Dynamics of Organic and Inorganic Phosphorus Compounds in Soil. **Jornal of Environmental Quality**, vol. 35, set - out 2006.

BHATTI, J.S.; COMEFORD, N. B. ; JOHNSTON, C.T. Influence of oxalate and soil organic matter on sorption and desorption of phosphate onto a Spodic horizon. **Soil Science Society America Journal**, v.62, p. 1089-1095, 1998.

BORTOLUZZI, E.C. ; ELTZ, F.L. Efeito do manejo mecânico da palhada de aveia-preta sobre a cobertura, temperatura, teor de água no solo e emergência da soja em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira Ciência Solo**, v. 24, p. 449-457, 2000.

BOHN, H.; MINEAL, B. O. ; CONNOR.G. soil chemistry. J. Wiley Toronto. p. 341, 1985.

BRADLEY, D. B. ; SIELING, D. H. Effect of organic anions and sugars on phosphate precipitation by iron and aluminum as influenced by pH. **Soil Science**, v.76 p.175-179, 1953.

BRENNAN, R. F. ; BOLLAND, M. D. ; JEFFERY, R. C. ; ALLEN, D. G. Phosphorus adsorption by a range of western Australian soils related to soil properties. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v.25, n.15/16, p.2785-2795, 1994.

CALDEIRA, M.V.W. ; RONDON NETO, R.M.; SCHUMAKER, M.V. Avaliação da eficiência nutricional de três procedências australiana de acácia negra (*Acacia mearnsii* DE Wild.). **Revista Árvore**, v.26, n.5, p.615-620, 2002.

CALEGARI, A. ; MONDARDO, A. ; BULISANI, E.A. ; WILDNER, L. P.; COSTA, M.B.B. ; ALCÂNTARA, P. B.; MIYASAKA, S.; AMADO, J. T. **Aspectos gerais da adubação verde**. In: Costa, M. B. B. (coord.) Adubação verde no Sul do Brasil. 2ed. Rio De Janeiro: AS-PTA. 1993, 346p.

CANTARELLA, H. ; ABREU, C. A. A.; BERTON, R.S. Fornecimento de nutrientes pela matéria orgânica do solo. In: ENCONTRO SOBRE MATÉRIA ORGÂNICA DO SOLO: PROBLEMAS E SOLUÇÕES, Botucatu. **Anais...** Botucatu: Faculdade de Ciências Agronômicas, 1992. p.63-122.

CASAGRANDE, J. C. **Avaliação de um modelo de complexação de superfície para absorção de fosfato em solos ácidos do Norte paulista**. Piracicba, 1993 160p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba. Universidade de São Paulo

COCHRANE, T.T. ; SÁNCHEZ, P.A. Land resources, soils and their management in the Amazon region: A state of knowledge report. p. 137-209 In: S.B. Hecht (ed.) **Amazônia: Agriculture and Land Use Research**. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colômbia. 1982, 428 p.

COSTA, M.B.B. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993, 346p.

CRAVO, M. S. ; SMYTH, T. J. Manejo sustentado da fertilidade de um Latossolo da Amazônia Central sob cultivos sucessivos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 2, p. 607-616, 1997.

DROGUETT, S. E. **Elementos de Catalisis Heterogênea**. Washington: Secretaria General de la Organización de los Estados Americanos, 1983, p. 4-12.

DYNIA, J.F.; CAMARGO, O. A. de. Efeitos da adubação fosfatada e da calagem sobre adsorção de fósforo em um Latossolo Vermelho-Escuro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.8, p.865-868, ago.1997.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos – CNPS, 1997. 212p. (EMBRAPA-CNPS). Documentos, 1.

EMBRAPA-CNPS. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Rio de Janeiro, 1999. 412p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. Brasília: Serviço de produção de informação/Embrapa - Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2005. 38-78p.

ESPINDOLA, J.A.A.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; TEIXEIRA, M.G. ; URQUIAGA, S. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeiras. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p.321-328, 2006.

FAGERIA, N. K. ; STONE, L. F.; SANTOS, A. B dos. **Maximização da eficiência de produção das culturas**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 294p.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I. ; ALVARENGA, R. C. ; COSTA, L. M da. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, nº.11, p.1355-1362, nov. 2001.

FEARSINDE, P.M. Rethinking continuous cultivation in Amazonia. **Bioscience**, v.37, n.3, p.209-214, 1987.

FERNANDES, A. R. ; MORAIS, F. I. O. ; LINHARES, L. C. F. ; SILVA, G. R. Produção de matéria se e eficiência de fósforo, cálcio e magnésio em leguminosa herbáceas. **Acta Amazônica**. v. 37, n.2, p. 340-344, Manaus jun.2007.

FONTES, M. P. F. ; GJORUP, G. B.; ALVARENGA, R. C. et al. Calcium salts and mechanical stress effects on water dispersible clay of oxisols. **Soil Science Society of America Journal**, v. 59, p. 224- 227, 1995.

FONTES, M.P.F. ; WEED, S. B. Phosphate adsorption by clays from Brazilian Oxisols: relationships with specific surface area and mineralogy. **Geoderma**, v.72, p.37-51, 1996.

GAMA, M. A. P. **Dinâmica do fósforo em solo submetido a sistemas de preparo alternativos ao de corte e queima no nordeste paraense**. 2002. 96p. (Tese de Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.

GATIBONI, L. C. **Disponibilidade de formas de fósforo do solo às plantas**. Santa Maria, 2003. 231p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2003.

HEINRICHS, R. ; VITTI, G., C.; MOREIRA, A.; FIGUEIREDO, P. A. M de; FANCELLI, A. L. ; CORAZZA. E. J. Características químicas de solo e rendimento de fitomassa de adubos verdes e de grãos de milho, decorrente do cultivo consorciado. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n. 1, jan/fev. 2005.

HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR**. Curitiba, Universidade Federal do Paraná, 1995. 129p. (Tese de Mestrado) 1995.

HOLTZ, G. P. ; SÁ, J.C.M. Resíduos culturais: reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, Passo Fundo. **Anais...** Passo Fundo: Aldeia Norte. 1995, 22p.

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. ; BAHAN, J. Organic amendments and phosphorus dynamics: II. Distribution of soil phosphorus fractions. **Soil Science**, v.161, n.7, p.436-443, 1996.

KAMPATH, E. J. exchangeable aluminum as a criterion for liming leached soil. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 34, n. 2 p: 252-254, 1970.

KER, J.C. ; FONTES, M. P. F.; SOUZA, A. R. ; RESENDE, M. Adsorção de fósforo em alguns solos latossólicos: relação entre mineralogia e efeito da calagem. **Revista Ceres**, v.43, n.246, p.216-226, 1996.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba, Agronômica Ceres, 1985. 492p.

KUHNEN, N. C. **Apostila de Adsorção**. Florianópolis: Departamento de Engenharia Química e Engenharia de Alimentos, UFSC, 1995. Notas de Aula.

LEMARE, P. H. ; PEREIRA, J. ; GOEDERT, W.J. Effects of green manure on isotopically exchangeable phosphate in a dark-red latosol in Brazil. **Journal of Soil Science**, v.38, p.199-209, 1987.

LOPES, A. S. Solos sob cerrado: **Manejo da fertilidade para a produção agropecuária**. São Paulo: ANDA, 1994. 60 p. (ANDA. Boletim Técnico, 5).

LUCHESE, E. B. ; FAVERO, L. O. B. ; LENZI, E. **Fundamentos da química do solo: Teoria e prática**. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 2002.

MEHADI, A. A. ; TAYLOR, R. W. Phosphate adsorption by two highly-weathered soils. **Soil Science Society América Journal**, Madison, v.52, p.627-632, 1998.

MEHTA, N.C.; LEGG, J. O. ; GORING, C. A. I. ; BLACK, C. A. Determination of organic phosphorus in soils: I. Extraction method. **Soil Science Society American Journal**, v. 18, p.443-449, 1954.

MENDONÇA, E. S. ; GUARÇONI, A. **Capacidade tampão de pH do solo e disponibilidade de fósforo pela adição de composto orgânico**. *Magistra*, Cruz das Almas - BA, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.

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

MIYAZAWA, M. ; CHIERICE, G.O. ; PAVAN, M. A. Amenização da toxicidade de alumínio às raízes do trigo pela complexação com ácidos orgânicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 16, n. 2, p.209-215, 1992.

MIYAZAWA, M. ; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. Efeito do material vegetal na acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.17, n.3, p.411-416, 1993.

MOORE, A.M. Temperature and moisture dependence of decomposition rates of hard-wood and coniferous leaf litter. **Soil Biol. Chem.**, v.18, p.427-435, 1986.

MOREIRA, F. L. M.; MOTA, F. O. B.; CLEMENTE, C. A.; AZEVEDO, B. M. de ; BOMFIMÓ, G. V. do. Adsorção de fósforo nos solos do estado Ceará, Brasil. **Revista Ciência Agronômica**, v.37, n.1, p.7-12, 2006.

NAKOS, G. Phosphorus adsorption by forest soils. **Communications Soil Science Plant Analysis**, v.18, n.3, p.279-286, 1987.

NICOLOSO, R. da S. **Dinâmica da Matéria orgânica do solo em áreas de integração lavoura-pecuária sob sistema plantio direto**. Dissertação – Universidade federal de Santa Maria (UFSM, RS), 2005.

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**, v.198, p.159-168, 1998.

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

NOVAIS, R. F; V ALVARENGA, V. H; BARROS, N. F; FONTES, R. L. R; CANTARUTTI, R. B ; NEVES, J. C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG, UFV, DPS, 2007, p 305.

OLSEN, E. R.; WATANABE, F. S. **A method to determine a phosphorus adsorption maximum of soil as measured by the Langmuir isotherm**. Soil Science Society of America, Proceedings, v.21, p.144-149, 1957.

O'RELLY, S.E. ; SIMS, J.T. Phosphorus adsorption and desorption in a sandy soil amended with high rates of coal fly ash. **Commun. Soil. Sci. Plant Anal.**, v.26, n.17&18, p.2983-2993, 1995.

PARFITT, R.L. Anion adsorption by soils and soil materials. **Advances in Agronomy**, v.30, p.1-50, 1978.

PAVAN, M.A. ; LEAL, A.C. **Utilização de uma técnica de fracionamento para caracterizar formas de fósforo em solo incubado com resíduos de leucena**. Arquivos de Biologia e Tecnologia, v.38, n.2, p.375-383, 1995.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991 343p.

RAIJ, B. van.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

RAMALHO FILHO, A. ; BEEK, K. J **Sistema de avaliação da aptidão agrícola das terras.** 3. ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1994. 65 p.

RESENDE, M. et al. **Pedologia: base para distinção de ambientes.** Viscosa: NEPUT, 1995. 304p.

SAMPAIO, M.T. & MALUF, W.R. **Adubação verde: como contribuir para a saúde da horta, do homem e ainda obter lucro.** Lavras, Universidade Federal de Lavras, Departamento de Agricultura, 1999. (Comunicado Técnico, 38).

SANCHEZ, P. A. **Properties and management of soils in the tropics.** John Wiley & Sons, Chichester. 1976.

SANYAL, S. K.; De DATTA, S. K. **Chemistry of phosphorus transformations in soil.** Advances in Soil Science, New York, v.16, p.1-120, 1991.

SAUNDERS, W.M. ; WILLIAMS, E.G. Observations on the determination of organic phosphorus in soils. **Journal of Soil Science**, v.6, p.254-267, 1955.

SILVA, S. B **Análise de Solos.** Belém: SDI-UFRA. 2003. 152p.

SILVA, C.R. da ; SOUZA, Z. M. de. **Eficiência do uso de nutrientes em solos ácidos: Manejo de nutrientes e uso pelas plantas.** Faculdade de engenharia de Ilha Solteira (UNESP-SP), 1998.

SILVA, M.L.N. ; CURI, N. ; BLANCANEUX, P. ; LIMA, J. M. & CARVALHO, A.M. **Rotação adubo verde-milho e adsorção de fósforo em Latossolo Vermelho - Escuro.** Pesq. Agropec. Bras., v.32, p.649-654, 1997.

SINGH, B.B. ; JONES, J.P. Phosphorus sorption and desorption characteristics of soil as affected by organic residues. **Soil Science Society American Journal**, v.40, p.389-394, 1976.

SPARKS, D. **Environmental soil chemistry**. San Diego: Academic Press, 1995, 267 p.

SPOSITO, G. **Chemical equilibria and kinetics in soil**. New York: Oxford University Press, 1994. 268p.

STEVENSON, F. J. **Humus chemistry**. New York: John Wiley, 1982. 443p.

STANFORD, G.; PIERRE, W. **Soil management practices in relation to phosphorus Availability and use**. In: PIERRE, W. H.; NORMAN, A.G. (Ed.) Soil and fertilizer phosphorus in crop nutrition. New York: Academic Press, v.4, p.243-280,

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; RAMSAY, A.J. ; WHALE, K.N. Microbial biomass and bacteria in two pasture soils: an assessment of measurement procedures, temporal variations and the influence of P fertility status. **Plant and Soil**, v.132, p.233-241, 1991.

TORRES, J. L. R. ; PEREIRA, M. G. ; FABIAN, A.J. & PAULA, J.C. Efeito da temperatura do ar e precipitação pluviométrica na decomposição de plantas de cobertura no Cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DO SOLO, 31. Gramado, 2007. **Anais...** Gramado, SBCS/UFRGS, 2007. CD-ROM.

TRAINA, S.J. ; SPOSITO, G. ; HESTERBERG, D. ; KAFKAFI, U. Effects of pH and organic acids on orthophosphate solubility in an acidic montmorillonitic soil. **Soil Sci. Soc. Am. J.**, v.50, p.45-51, 1986.

WALKER, T.W.; ADAMS, A.F.R. Studies on soil organic matter. I. Influence of phosphorus content of parent materials on accumulations of carbon, nitrogen, sulfur and organic phosphorus in glassland soils. **Soil Science**, v.85, p.307-318, 1958.

VIEIRA, L. S. **Manual de Ciências do Solo**. São Paulo: Ceres, 1975. 46 p.

VIEIRA, L. S.; VIEIRA, M. N. F. **Manual de Morfologia e Classificação de Solo**. Belém, Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, 1981. 580 p.

VITTI, G.C.; FERREIRA, M.E.; PERECIN, D. ; ZANETTI NETO, P. Influência de cinco leguminosas, como adubação verde, na fertilidade de um Latossolo Vermelho-Amarelo fase arenosa. **Científica**, v.7, p.431-435, 1979.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)