



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CURSO DE AGRONOMIA**

**ARYANA DOS SANTOS
LUZIANE PATRÍCIA DE SOUSA SILVA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO EM SISTEMA
PLANTIO DIRETO ESTABELECIDO SOB DIFERENTES PERÍODOS DE ADOÇÃO
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

**PARAGOMINAS
2013**



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CURSO DE AGRONOMIA**

**ARYANA DOS SANTOS
LUZIANE PATRÍCIA DE SOUSA SILVA**

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO EM SISTEMA
PLANTIO DIRETO ESTABELECIDO SOB DIFERENTES PERÍODOS DE ADOÇÃO
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma como parte das exigências do Curso.

ORIENTADOR: Dr. LUÍS DE SOUSA FREITAS

CO-ORIENTADOR: Dr. EDILSON CARVALHO BRASIL

**PARAGOMINAS
2013**

Santos, Aryana dos

Atributos químicos de um latossolo amarelo em sistema plantio direto estabelecido sob diferentes períodos de adoção no município de Paragominas-PA./ Aryana dos Santos, Luziane Patrícia de Sousa Silva. - Belém, 2013.

57 f.

Monografia (Graduação em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus de Belém, 2013.

1. Conservação do solo. 2. Fertilidade do solo. 3. Manejo do solo. 4. Preparo convencional do solo. I. Título.

CDD – 631.42



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DA AMAZÔNIA-UFRA
CURSO DE AGRONOMIA**

ARYANA DOS SANTOS

LUZIANE PATRÍCIA DE SOUSA SILVA

**ATRIBUTOS QUÍMICOS DE UM LATOSSOLO AMARELO EM SISTEMA
PLANTIO DIRETO ESTABELECIDO SOB DIFERENTES PERÍODOS DE ADOÇÃO
NO MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS-PA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal Rural da Amazônia como requisito para a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia Agrônoma como parte das exigências do Curso.

Aprovado em 11 de Abril de 2013.

Banca Examinadora

Engenheiro Agrônomo, Professor Dr. Luís de Sousa Freitas
(Orientador)
(Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA)

Engenheiro Agrônomo Pesquisador, Dr. Edilson Carvalho Brasil
(Co-Orientador)
(Embrapa Amazônia Oriental)

Engenheiro Agrônomo, José Ribamar da Costa Neto
(Juparanã)

DEDICATÓRIA

À **Deus**, nosso senhor e criador por guiar sempre os nossos passos.

Aos **nossos Pais**, pelo amor, apoio, confiança e incentivos dedicados a nossa formação intelectual.

Aos **nossos Irmãos e Tios**, por torcerem sempre pelas nossas conquistas, carinho e compreensão...

AGRADECIMENTOS

Á Deus, pelo dom da vida e oportunidade de realização deste trabalho.

Aos nossos Pais pelo amor, educação e apoio incondicional dedicados a nossa formação intelectual.

Aos nossos Irmãos, sempre presentes e confiantes em nossas vitórias.

Aos nossos Tios, por nos tratarem como filhas, pelo apoio e confiança dedicados durante esta caminhada.

Ao nosso, amigo, tio, professor e orientador Luís de Souza Freitas, por nos acolher de braços abertos e pela orientação competente, apoio e confiança dedicados ao longo deste trabalho.

Ao nosso co-orientador Edilson Carvalho Brasil, que mesmo de longe nos conduziu com maestria pelo caminho da pesquisa.

A coordenação do curso de Engenharia Agrônômica na pessoa da Prof^a Izabelle Andrade, pelas lutas travadas para o sucesso desta turma.

Ao Sr. José Carminati e todos que fazem parte da família Juparanã pela disponibilização da área para a realização do estudo, nosso muito obrigada.

A equipe (Williams Ávila, Rafaela Pereira, Carlos Alberto, Klebson Dias e Prof^o. Luís) que participou das coletas de solo, nosso muito obrigada.

A todos os colegas de turma, professores e demais funcionários que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

“Uma geração vai e outra vem, porém a terra
para sempre permanece...”.

(Eclesiastes)

RESUMO

Os Latossolos Amarelos são os principais solos agrícolas da região de Paragominas-PA. Os intensos usos do solo proporcionaram diversos fatores de desgaste ao agroecossistema. No entanto, os sistemas de manejo como o plantio direto têm melhorado a qualidade dos solos. Este mostrou-se uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícola dos solos, já que promove a redução de perdas de nutrientes, água e solo, em relação ao sistema de plantio convencional (SPC), em decorrência do uso de palhada que recobre a superfície do solo e da ausência do revolvimento. O trabalho objetivou avaliar os atributos químicos de um Latossolo Amarelo em sistema plantio direto estabelecido sob diferentes períodos de adoção no município de Paragominas-PA. Foram avaliados quatro sistemas de uso (PD-7 anos; PD-4 anos; PD-3 anos; e Plantio Convencional – PC), em três profundidades (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm). Os dados foram submetidos à análise de variância e de acordo com os resultados observaram-se que os maiores valores dos atributos químicos do solo são encontrados na camada superficial (0 - 10 cm) do solo e decrescem com aumento da profundidade. Os valores de Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Matéria orgânica (M.O), pH em água, Alumínio (Al), Saturação por bases (V%) e Capacidade de troca de cátions (CTC) são maiores no Sistema Plantio Direto, independentemente do tempo de adoção. No entanto, os teores de Fósforo (P) foram superiores no Preparo Convencional.

Palavras-chave: conservação do solo, fertilidade, manejo do solo, preparo convencional.

ABSTRACT

The Latossolos Amarelos are the main agricultural soils in the region Paragominas-PA. The intensiveland uses provided several factors to wear agroecosystem. However, the management systems like direct seeding have improved soil quality. This showed to be one of the best alternatives for maintaining the sustainability of natural resources on agricultural land-use, as it promotes the reduction of losses of nutrients, water and soil, compared to conventional tillage system (SPC) as a consequence of use of mulch covering the soil surface and the absence of tillage. The work aimed to evaluate the chemical in some soil tillage system established under different periods of adoption in the city of Paragominas-PA. We evaluated four systems usage (PD -7 years; PD -4 years; PD -3 years, and Conventional Planting - PC), at three depths (0-10 cm, 10-20 cm and 20-40 cm). The data weresubjected to analysis of variance and according to the results we observed that the highest values of soil chemical properties are found in the surface layer (0 - 10 cm) of soil and decrease with increase of the depth. Amounts of Potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), organic matter (OM), pH in H₂O and calciumexchange capacity (CTC) are higher in no-tillage system, regardless of the time of adoption. However, thelevelsof phosphorus (P) were higher in Conventional Planting.

Keywords: soil conservation, soil fertility, soil tillage, conventional preparation.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura		Pág.
01	Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará. Fonte: (IMAZON, 2009).	23
02	Distribuição dos tratamentos na área de estudo (Fazenda Juparanã). Fonte Arquivo pessoal.	26
03	Tratamento T1 (Plantio direto com 7 anos), no município de Paragominas-PA. Fonte: Arquivo pessoal.	27
04	Tratamento T2 (Plantio direto com 4 anos), no município de Paragominas-PA. Fonte: Arquivo pessoal.	27
05	Tratamento T3 (Plantio direto com 3 anos), no município de Paragominas-PA. Fonte: Arquivo pessoal.	27
06	Tratamento T4 (Plantio convencional de 6 anos, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA. Fonte: Arquivo pessoal.	27
07	Fósforo sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	31
08	Fósforo sob diferentes profundidades. (1) 0-10 cm de profundidade; (2) 10-20 cm de profundidade; (3) 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	32
09	Potássio sob diferentes sistemas de uso da terra. (1) PC = Plantio convencional; (2) PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3) PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4) PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	33
10	Potássio sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	34
11	Cálcio sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	35
12	Cálcio sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.	36
13	Magnésio sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma	37

letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

- 14 Magnésio sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 38
- 15 Matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 38
- 16 Matéria orgânica sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 39
- 17 pH em água sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 40
- 18 pH em água sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 41
- 19 Alumínio trocável sob diferentes sistemas de uso da terra. (1)PC = Plantio convencional; (2)PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3)PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4)PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 42
- 20 Alumínio trocável sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 43
- 21 Saturação por bases (%) sob diferentes sistemas de uso da terra. (1) PC = Plantio convencional; (2) PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3) PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4) PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 43
- 22 Saturação por bases (%) sob diferentes profundidades. (1) 0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 44
- 23 CTC do solo sob diferentes sistemas de uso da terra. (1) PC = Plantio convencional; (2) PD3 = Plantio direto com 3 anos; (3) PD4 = Plantio direto com 4 anos; (4) PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 45
- 24 CTC do solo sob diferentes profundidades. (1)0-10 cm de profundidade; (2)10-20 cm de profundidade; (3)20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%. 45

LISTA DE TABELAS

Tabelas		Pág.
01	Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos no experimento na fazenda Juparanã Paragominas 2012.	26
02	Resumo da análise de variância de atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico em função de sistemas de uso da terra e profundidade.	30

LISTA DE SIGLAS

Al	→	Alumínio
C	→	Carbono
Ca	→	Cálcio
H + Al	→	Acidez potencial
K+	→	Potássio
KCl	→	Cloreto de potássio
Mg	→	Magnésio
M.O	→	Matéria orgânica
P	→	Fósforo
CTC	→	Capacidade de troca catiônica
CO₂	→	Dióxido de carbono
pH em H₂O	→	Potencial hidrogeniônico medido em água
SPC	→	Sistema Plantio Convencional
SPD	→	Sistema Plantio Direto
V%	→	Saturação por bases

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
2. OBJETIVOS	15
2.1. OBJETIVO GERAL.....	15
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	15
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1. O SISTEMA PLANTIO DIRETO	16
3.2. HISTÓRICO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO	17
3.3. PLANTIO DIRETO NO BRASIL	17
3.4. PRINCIPAIS ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO DECORRENTE DO SISTEMA PLANTIO DIRETO	18
3.5. VARIABILIDADE VERTICAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS	20
3.6. EFEITO DE SISTEMA PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL SOB ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO	22
4. MATERIAIS E METÓDOS	23
4.1. O MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS	23
4.1.2. Dados Geográficos.....	24
4.1.3. Limites	24
4.1.4. Hidrografia	24
4.1.5. Topografia	24
4.1.6. Geologia e Relevo	24
4.1.7. Localização e descrição das áreas de estudo	25
4.1.8. Histórico da Área	25
4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	25
4.3. AMOSTRAGEM	27
4.4. MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS	28
4.4.1. Análises Químicas do Solo	28
4.4.2. Análise Estatística	28

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
5.1. FÓSFORO (P).....	29
5.2. POTÁSSIO (K).....	32
5.3. CÁLCIO (Ca).....	34
5.4. MAGNÉSIO (Mg).....	36
5.5. MATÉRIA ORGÂNICA (MO)	38
5.6. pH EM ÁGUA	40
5.7. ALUMÍNIO TROCÁVEL (Al).....	41
5.8. SATURAÇÃO POR BASES (V%).....	43
5.9. CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC).....	44
6. CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	47

1. INTRODUÇÃO

Um dos maiores avanços no processo produtivo da agricultura brasileira foi à adoção do sistema plantio direto (SPD) no sul do Brasil, a partir do início da década de 1970, tendo como objetivo básico inicial controlar a erosão hídrica. O desenvolvimento desse sistema só se tornou possível graças ao trabalho conjugado de agricultores, pesquisadores, fabricantes de sementes, e técnicos interessados em reverter o processo acelerado de degradação do solo e da água verificado em nosso país (MARQUES et al., 2010).

O sistema plantio direto (SPD) mostrou-se uma das melhores alternativas para a manutenção da sustentabilidade dos recursos naturais na utilização agrícola dos solos, já que promove a redução de perdas de nutrientes, água e solo, em relação ao sistema de plantio convencional (SPC), em decorrência do uso de palhada que recobre a superfície do solo e da ausência do revolvimento (CARVALHO et al., 2006).

Segundo Bilibio et al. (2010), os sistemas conservacionistas são vistos pelos seus atributos de sustentabilidade ambiental proporcionado pelas práticas de manejo relacionadas. Em condições específicas é importante conhecer o efeito dos sistemas, envolvendo o preparo de solo e a sucessão de culturas sobre a matéria orgânica e atributos químicos e físicos dos solos, as quais implicam em tomadas de decisões adequadas relacionadas ao manejo do solo e de sua fertilidade que em outra análise definem a quantidade e critérios para fornecimento de fertilizantes (BERNARDI et al., 2003).

De modo geral, a literatura tem mostrado que a adoção do SPD não altera significativamente as produtividades das culturas, quando comparado ao plantio convencional. No entanto, em campo, as perdas de solo e nutrientes por erosão no plantio convencional podem ser elevadas, tornando as produtividades das culturas neste sistema inferior àquelas observadas no plantio direto (BAYER e FONTOURA, 2007).

Em comparação com o sistema de preparo convencional de solo, o plantio direto apresenta efeitos positivos sobre alguns atributos químicos do solo. Em outras regiões brasileiras, tem-se verificado valores satisfatórios de pH, matéria orgânica (M.O), nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg). Por outro lado, a saturação de alumínio tem apresentado menores valores, quando esse sistema é utilizado (SIDIRAS e PAVAN, 1986; DERPSCH, 2007).

Uma característica importante para avaliar o plantio direto é o tempo de adoção. Em pesquisa realizada pelo projeto Rally da Safra (2006) foi constatado que 50% das áreas em SPD

já possuíam mais de dez anos de adoção, enquanto na região Sul havia predomínio de áreas com mais de 15 anos. Sá et al. (2004) ressaltaram a importância do tempo de adoção do SPD para que se processem alterações tais como: acúmulo de matéria orgânica, agregação do solo e ciclagem de nutrientes. No SPD, quanto maior for a cobertura do solo, menor a utilização do pousio e maior o tempo de adoção sem interrupção e mobilização, maiores serão as melhorias no solo.

Nas condições do Estado do Pará, no Município de microrregião de Paragominas-PA, os efeitos de sistemas de manejo sobre a dinâmica de atributos químicos no solo ao longo do tempo são insipientes, bem como seus possíveis benefícios, existindo, portanto a necessidade da realização de pesquisas nessa área.

Os Latossolos Amarelos de baixa fertilidade natural, não apresentam impedimento físico para a produção de grãos e caracterizam-se como a principal classe de solo da região de Paragominas, PA (RODRIGUES et al., 1999). Nessa região o intenso uso de maquinário no preparo de área e a utilização de sistemas de produção com ausência de cobertura, proporcionaram diversos fatores de degradação do solo, promovendo erosão, lixiviação, redução da fertilidade química, dos teores de matéria orgânica, bem como baixas produtividades das culturas (RODRIGUES et al., 2002). Essa situação tem ocasionado a migração para o Sistema Plantio Direto (SPD), que em 2009 já encontrava-se estabelecido em área de 30 mil hectares com cultivo de grãos, nesse município (PINTO et al., 2009).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O objetivo deste trabalho foi avaliar as alterações dos atributos químicos de um Latossolo Amarelo textura muito argilosa, em sistema plantio direto estabelecido sob diferentes períodos de adoção, no Município de Paragominas-PA.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar atributos químicos de sistema de plantio direto e convencional no Município de Paragominas- PA

- Compreender a variação de atributos químicos em sistema plantio direto e preparo convencional estabelecido sob diferentes períodos de adoção no Município de Paragominas-PA.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. O SISTEMA PLANTIO DIRETO

O Sistema Plantio Direto caracteriza-se pelo não revolvimento do solo e pela manutenção dos resíduos culturais sobre a superfície. Além de proporcionar as condições ideais para o crescimento das culturas ao mesmo tempo promove a qualidade ambiental. Com a adoção desse sistema, em substituição ao convencional, ocorrem mudanças nas características físicas, químicas e biológicas do solo, que são dinâmicas no tempo (PLATAFORMA PLANTIO DIRETO, 2004).

O Sistema Plantio Direto é definido segundo Freitas (2005) como o sistema de manejo no qual a implantação da cultura é feita sobre restos de culturas anteriores com a rotação de culturas e com a movimentação do solo restrita à linha de semeadura. Compreende um conjunto de técnicas integradas visando à redução de custos, a promoção da sustentabilidade ambiental, permitindo interações biológicas e processos naturais benéficos no solo, melhorando as condições ambientais (água-solo-clima) para explorar da melhor forma possível o potencial genético de produção das culturas em condições tropicais com o menor impacto ambiental possível.

Esse sistema não deve ser visto como uma receita universal, mas como um sistema que exige adaptações desde que respeitados três requisitos mínimos: i) o não revolvimento do solo; ii) a rotação de culturas (diversidade de biomassa vegetal e diversificação da biota do solo); e iii) o uso de culturas de cobertura para formação de palhada (proteção do solo contra sol, chuva e ventos e conservação de água e nutrientes), associada ao manejo integrado de pragas, doenças e plantas daninhas (FREITAS, 2002).

O sistema plantio direto na opinião de Pereira (1997), é uma das situações em que as mudanças são muito significativas, diferenciando-se dos demais métodos culturais, isto por ser uma técnica de cultivo na qual os restos culturais são mantidos na superfície do solo e as sementes são introduzidas na terra através de equipamentos especiais com a mínima modificação do solo.

3.2. HISTÓRICO DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Segundo Anghinoni (2007), a primeira menção a respeito do plantio direto surgiu na década de 30, nos Estados Unidos. O plantio direto como forma de manejo do solo, surgiu na década de 40, na Estação Experimental de Rothamsted, na Inglaterra, ao ser constatado que as plantas podiam crescer satisfatoriamente sem o preparo do solo, desde que não houvesse competição com invasoras. Uma das principais razões para arar e gradear o solo era, então, controlar as plantas invasoras.

Os primeiros estudos em plantio direto, já na década de 50, foram desenvolvidos nos EUA, em decorrência do surgimento dos herbicidas, que foram desenvolvidos durante e logo após a Segunda Guerra Mundial (ANGHINONI, 2007). Assim, quando se iniciava a experiência de plantio direto no Brasil, os Estados Unidos da América já plantavam mais de dois milhões de hectares empregando aquela técnica, e já projetavam sua rápida expansão, adaptando-se às condições daquele país (DIJKSTRA, 2005).

O sistema ganhou impulso com a descoberta dos herbicidas sistêmicos (não – seletivos e seletivos), garantindo mais eficiência no controle de plantas invasoras, com as melhores alternativas de uso de plantadeira/semeadoras e com a formação da palhada, para aumentar a proteção dos solos (VIEIRA, 1981).

No entanto, a rápida decomposição da palhada, favorecida pelas condições climáticas regionais tem trazido dificuldades para o estabelecimento do mesmo na região. Dessa forma, tratando-se de uma atividade agrícola que tende a se expandir no Município de Paragominas e no Estado do Pará a avaliação dos atributos químicos do solo, pode contribuir decisivamente para a sustentabilidade e sucesso do cultivo na região (GUEDES, 2009).

3.3. PLANTIO DIRETO NO BRASIL

No Brasil, o plantio direto surgiu na região Sul, quase que simultaneamente nos Estados do Paraná (1972) e do Rio Grande do Sul (1973). A adoção do sistema plantio direto foi lenta nas décadas de 1970 e 1980. Os principais problemas que restringiam o seu avanço eram o desconhecimento do seu manejo e a resistência, por parte de técnicos e de produtores, às mudanças de máquinas para semeadura em solo não preparado e coberto de palha, a dificuldade de controle das invasoras, o alto custo dos herbicidas e as incertezas a respeito do manejo da calagem e da adubação (ANGHINONI, 2007).

No entanto, com o passar do tempo, verificou-se, nas mais variadas condições e regiões do País, que a erosão poderia ser reduzida drasticamente, sendo possível o controle adequado das invasoras sem a necessidade de uso de herbicida (FREITAS, 2002).

Segundo Freitas (2005), o plantio direto é uma realidade no País, sendo um tipo de tecnologia que alia a sustentabilidade econômica, respeito ao meio ambiente, tendo surgido da demanda explícita e clara dos produtores e do esforço conjunto de cientistas e da indústria de insumos e equipamentos, com vistas a oferecer respostas rápidas e precisas ao desafio que lhes foi apresentado.

A viabilização do plantio direto como o sistema de manejo apropriado para as condições tropicais e subtropicais dominantes no Brasil foi possível pela incorporação de importantes avanços no conhecimento técnico-científico e pela mudança de paradigmas agronômicos que têm a qualidade e saúde do solo como objetivo principal. Isto inclui o reconhecimento de que processos físicos, químicos e biológicos no solo passam a ser controlados pelas plantas e, o movimento de elementos básicos como o Ca, Mg, P e K passam a ser consequência da decomposição dos restos culturais, função da escolha das culturas a serem utilizadas na rotação (FREITAS e TRECENTI, 2002).

3.4. PRINCIPAIS ALTERAÇÕES QUÍMICAS NO SOLO DECORRENTE DO SISTEMA PLANTIO DIRETO

Entre as melhorias constatadas na fertilidade do solo com uso de sistemas de manejo que não contemplam revolvimento do solo, destacam-se as alterações químicas em sistemas de plantio direto. Este sistema é caracterizado pela formação de um ambiente orgânico que favorece a preservação da umidade e da fertilidade do solo, e que facilita a difusão do fósforo na solução do solo e sua absorção pelas plantas (GATIBONI et al., 2007). Além disso, o uso de plantas de cobertura de solo na entressafra pode promover a liberação de ácidos orgânicos solúveis em água, capazes de complexar o alumínio trocável, mobilizar o cálcio e o magnésio (ZAMBROSI et al., 2008) e reter o potássio, evitando sua perda por lixiviação (ROSOLEM et al., 2003, BOER et al., 2007).

O fósforo, por possuir baixa mobilidade, principalmente em solos ácidos com teores elevados de argila, ferro e alumínio, caracteriza-se como o nutriente de maior acúmulo no horizonte superficial de solos manejados sob plantio direto (BAYER e MIELNICZUK, 1997).

As maiores concentrações de P no solo em plantio direto e a maior saturação por bases, resultante da maior concentração de Ca, Mg e K trocáveis no solo e, possivelmente, da complexação de Al pela matéria orgânica, podem minimizar possíveis efeitos negativos da acidificação superficial do solo (ANGHINONI, 2007) .

Segundo Almeida et al. (2005), a maior concentração de fósforo (P) e potássio (K) na superfície dos solos sob sistema plantio direto e convencional deve-se, principalmente, ao modo de aplicação dos adubos dos dois sistemas. No SPD, a distribuição ocorre a lanço ou incorporados na linha, próxima às sementes durante a semeadura, concentrando assim esse nutriente nas camadas mais superficiais do solo. No preparo convencional eles são incorporados antes de cada semeadura e homogeneizados na camada arável do solo, neste caso favorecendo até mesmo a lixiviação de K.

A acidez do solo limita a produção agrícola das culturas devido aos baixos teores de cátions básicos, principalmente cálcio (Ca), e à alta toxidez por alumínio (Al), afetando diretamente o crescimento radicular e absorção de água e nutrientes pelas plantas (MARSH e GROVE, 1992; TANG et al., 2003). Normalmente a correção da acidez é feita com aplicação de calcário, mas em solos sob sistema plantio direto a aplicação deste corretivo é realizada na superfície, sem incorporação (ERNANI et al., 2004).

Existem indicativos de que a correção da acidez em profundidade, no sistema plantio direto com aplicação de calcário superficial, ocorre em menor tempo do que o esperado, considerando-se a baixa solubilidade do calcário e a sua não-incorporação ao solo (CASSOL, 1995; PÖTTKER e BEN, 1998). Porém, esses efeitos são mais difíceis de serem detectados quando se analisa somente a fase sólida e camadas espessas de solo (5-10 cm), e quando decorridos maiores períodos de tempo após a aplicação do calcário.

O sistema de plantio direto possui várias características marcantes e uma delas é o aumento do teor de matéria orgânica na camada superficial do solo com o decorrer do tempo de implantação desse sistema (ANGHINONI, 2006).

O aumento de matéria orgânica em solos não revolvidos decorre da diminuição da taxa de decomposição microbiana da matéria orgânica pela diminuição da temperatura, aeração, aumento da cobertura do solo, agregação e do não fracionamento e incorporação dos resíduos vegetais. Além disso, nesse sistema de plantio, o acúmulo de resíduos vegetais pode diminuir a toxidez de Al a partir da lixiviação de compostos orgânicos solúveis em água, os quais

atuam na complexação do Al no solo (MIYAZAWA et al., 1993), além do efeito positivo da adição de Ca, Mg e K destes resíduos que podem contribuir para diminuir a atividade do Al em solução e, ou, aumentar a saturação por bases (FRANCHINI et al., 1999).

Segundo Muzilli (2006), a razão do acréscimo de matéria orgânica decorre do fato de a taxa de decomposição de palha mantida na superfície do solo ser menor do que se fosse incorporada ao solo. O aumento nos estoques de matéria orgânica é dependente de vários fatores, tais como: quantidade de palha, tipo de rotação de cultura adotada, grau de revolvimento do solo, clima da região e doses de fertilizantes aplicadas nas lavouras.

A matéria orgânica atua na agregação e estruturação do solo (CARPENEDO e MIELNICZUK, 1990; SILVA e MIELNICZUK, 1997), portanto, promovendo melhoria de características físicas do solo, tais como: densidade, aeração, infiltração e retenção de água. Além disso, possui um papel fundamental na ciclagem de nutrientes essenciais para as plantas, dos quais se destaca o nitrogênio (AMADO, 1997). Relacionado às propriedades químicas, a matéria orgânica é responsável pelo aumento na capacidade de troca de cátions (CTC), devido ao grande número de grupos carboxílicos e fenólicos presentes em sua estrutura (SPOSITO, 1989 citado por DE BONA, 2005), além de atuar na adsorção e complexação de compostos orgânicos e inorgânicos (SALET et al., 1999).

3.5. VARIABILIDADE VERTICAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS

A variabilidade espacial dos atributos químicos do solo aumenta com a adoção do Sistema Plantio Direto (SPD), quer no sentido horizontal, pela distribuição irregular na superfície do solo (KLEPKER e ANGHINONI, 1995; COUTO, 1997), quer ainda no sentido vertical, pelas diferenças nos teores de uma camada mais superficial em relação à outra mais profunda (ELTZ et al., 1989; AMARAL e ANGHINONI, 2001), demandando a definição de novos procedimentos de amostragem para contemplar essas alterações.

De acordo com Werner (2004) as acentuadas variações nos teores de nutrientes no solo frequentemente encontrados numa gleba decorrem do cultivo intensivo e do uso indiscriminado de fertilizantes. O pH do solo, via de regra, tem sido o atributo de menor variabilidade (SOUZA et al., 2004; PONTELLI, 2006; SILVA et al., 2007) e o P e K os de variabilidade mais elevada (PONTELLI, 2006; MACHADO et al., 2007).

No sistema convencional de preparo do solo, o manejo da fertilidade, envolvendo a aplicação de fertilizantes e corretivos é facilitado, uma vez que as operações de aração e gradagem promovem a mistura desses insumos na camada superficial do solo (normalmente, 0-20 cm). Entretanto, no sistema plantio direto, uma vez que as operações de revolvimento do solo deixaram de ocorrer, há acúmulo dos resíduos das culturas na superfície, formando um “mulch”. Este “mulch” tem contribuído, nessas condições, para melhorar a conservação do solo e a estabilidade dos agregados e menor temperatura (SIDIRAS e PAVAN, 1986). Os efeitos do “mulch” nos principais parâmetros da fertilidade resumem-se em acúmulo superficial de carbono orgânico total, aumentos da capacidade de troca catiônica, da soma de bases e dos teores de fósforo na camada superficial do solo, devido à ciclagem de nutrientes.

O não-revolvimento do solo no sistema plantio direto e o conseqüente acúmulo de resíduos vegetais, corretivos e fertilizantes na sua superfície promovem modificações nas características químicas do solo em relação ao sistema convencional. Estas modificações ocorrem de forma gradual e progressiva a partir da superfície do solo, e afetam tanto a disponibilidade de nutrientes quanto o processo da acidificação do solo (SIDIRAS e PAVAN, 1985; RHEINHEIMER et al., 1998).

A formação de uma serrapilheira natural na superfície do solo pode proporcionar melhoria nos níveis de fertilidade do solo, destacando aí a importância da matéria orgânica nas reações físico-químicas dos solos serrapilheira (SIDIRAS e PAVAN, 1986). Assim, é evidente que a deposição de resíduos de culturas em superfície, sem o revolvimento do solo, aumenta consideravelmente os teores de carbono e nitrogênio orgânico total, (SÁ, 1993).

A decomposição de resíduos e a reação dos adubos nitrogenados na superfície do solo formam uma “frente de acidificação”, que aumenta em profundidade, e paralelamente, ocorre aumento do teor de alumínio trocável (ANGHINONI, 2006).

Paralelamente a essa diminuição do pH, ocorre um acúmulo do teor de alumínio trocável e aumento da necessidade de calcário. Por outro lado, também ocorre aumento do alumínio complexado por ácidos orgânicos derivados da decomposição de resíduos culturais. A formação de complexos de Al com ácidos orgânicos pode constituir-se numa maneira estratégica de proteção dos sítios extracelulares das raízes sensíveis à toxicidade de Al (MIYAZAWA et al., 1993).

No caso da aplicação de calcário na superfície, sem incorporação, ocorre concentração de cálcio e magnésio trocáveis e elevação do pH, principalmente na camada superficial, e gradativamente, com o passar do tempo, em maiores profundidades. Isso é tão evidente que alguns pesquisadores (CAIRES et al., 2002) consideram a camada superficial (0-5 cm) de fundamental importância na recomendação de calagem e na produtividade de culturas no sistema plantio direto já estabelecido.

3.6. EFEITO DE SISTEMA PLANTIO DIRETO E CONVENCIONAL SOB ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Os diferentes sistemas de preparo do solo buscam oferecer condições químicas adequadas para o crescimento, desenvolvimento e conseqüentemente a produtividade das culturas (FREITAS, 2005).

O sistema plantio direto é um conjunto de técnicas que visa diminuir o intenso revolvimento do solo decorrente do plantio convencional. Entretanto, o uso do sistema de cultivo convencional, que, basicamente, consiste no uso excessivo de arados e grades no preparo do solo, especialmente a grade aradora ainda é frequente no sistema agrícola brasileiro (FREITAS, 2002).

Solos manejados com práticas convencionais constituem sistemas propícios a redução dos teores de matéria orgânica pela ruptura dos agregados e conseqüente incremento da oxidação biológica do carbono orgânico a CO₂, ocasionando aumento da concentração deste gás na atmosfera (REICOSKY e LINDSTROM, 1993). O uso de práticas baseadas em menor revolvimento do solo e a manutenção dos resíduos, destaca-se como estratégia eficiente em recuperar os teores de carbono (C) com conseqüente aumento do tamanho de agregados (CAMPOS et al, 1997), promovendo incremento da proteção física da matéria orgânica que desempenha várias funções no solo sendo responsável pela retenção de cátions, fornecimento de nutrientes, incremento da atividade biológica e melhoria da estrutura e agregação do solo.

Na prática, o sucesso do SPD, em relação aos sistemas com preparo convencional do solo, de início se deve à economia de tempo e trabalho, determinando maior retorno econômico da agricultura e interesse dos agricultores em adotá-lo, sobretudo, onde alguns países da América do Sul o utilizam em até 70% da área total cultivada (DERPSCH et al., 2010).

Tecnicamente, o SPD também é vantajoso porque a existência de cobertura morta na superfície do solo resulta em processos que mantêm ou aumentam o teor de matéria orgânica do solo (MOS) e melhoram a sustentabilidade do sistema produtivo (AMADO et al., 2001; COSTA et al., 2004). O SPD altera, ainda, a dinâmica de acidez do solo e de disponibilidade de nutrientes no perfil e modifica a qualidade da M.O (ANGHINONI, 2007), o que decorre do não revolvimento e acúmulo de resíduos na superfície, nova dinâmica de água no solo, adubação sucessiva e variedade de culturas em rotação (LOPES et al., 2004).

4. MATERIAIS E METÓDOS

4.1. O MUNICÍPIO DE PARAGOMINAS

O presente estudo foi realizado no Município de Paragominas-PA, na mesorregião nordeste do Estado do Pará (Figura 1). O Município possui aproximadamente 20.000 km² de área territorial, formada por extensas florestas e belezas naturais, reflorestamentos, campos e plantios agrícolas, têm como principal via de comunicação e transporte a rodovia BR-010 (Rodovia Belém – Brasília), que o atravessa no sentido norte-sul, ligando a sede do Município, a cidade de Belém, capital do estado do Pará e ao centro-sul do país.

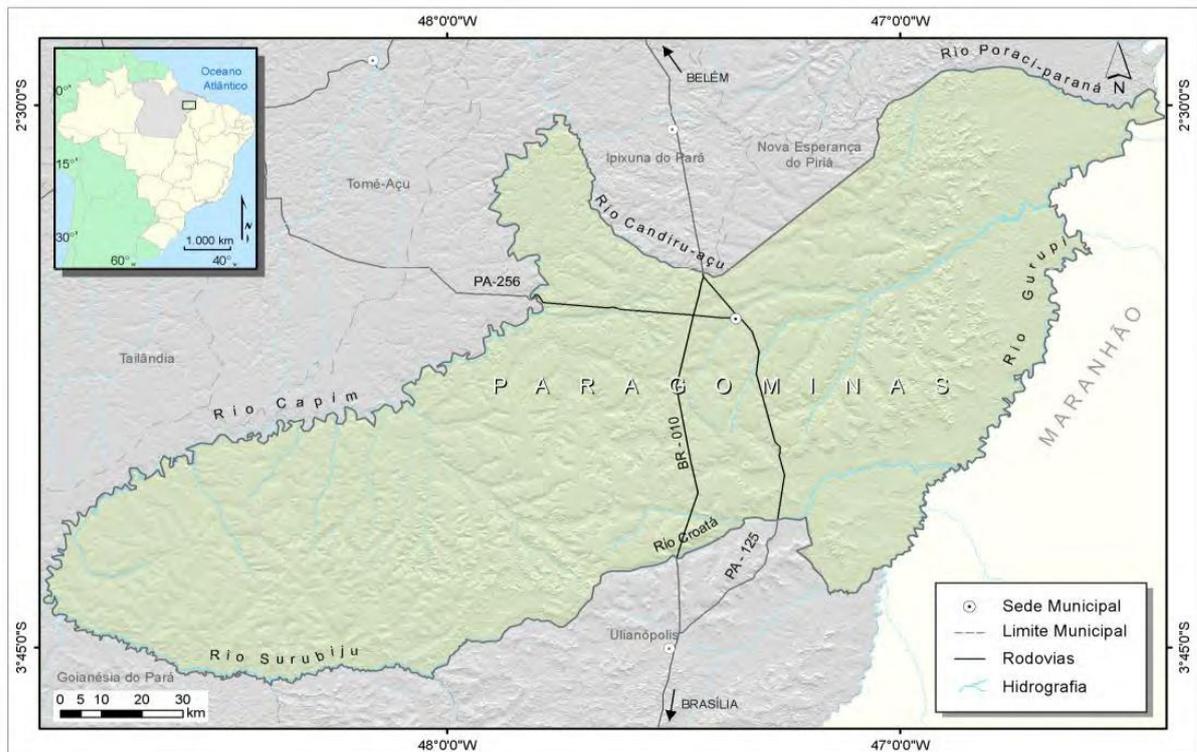


Figura 1: Mapa de localização geográfica do Município de Paragominas no Estado do Pará. Fonte: (IMAZON, 2009).

4.1.2. Dados Geográficos

Região: Norte

Altitude: 90 m Densidade Demográfica: 3,53 km² hab População: 97.819 habitantes

Área da unidade territorial (km²): 19.341,858 km² (IBGE, 2010)

4.1.3. Limites

Ao Norte - Municípios de Ipixuna do Pará e Nova Esperança do Piriá a Leste – Estado o Maranhão ao Sul - Municípios de Dom Eliseu, Ulianópolis e Goianésia do Pará, a Oeste - Município de Ipixuna do Pará.

4.1.4. Hidrografia

Existem vários rios importantes no Município. Na porção Sudeste-Nordeste está o rio Gurupi, que separa o Pará do Maranhão. Na sua margem esquerda, aparecem vários afluentes, que se localizam no Município, tais como o Gurupizinho, o Uraim, o Coaraci-Paraná, o Croantá e o Piriá. Em direção oposta, no sentido Oeste, está o rio Surubiju, que limita o município com Rondon do Pará e recebe uma série de igarapés na sua margem direita, que pertencem a Paragominas. O rio Surubiju é, no Município, o afluente mais importante do rio Capim (RODRIGUES et al., 2002).

4.1.5. Topografia

O Município de Paragominas-PA possui uma topografia onde os níveis altimétricos apresentam pouca variação. Contudo, tais níveis se encontram em cotas mais elevadas que a média dos municípios da Microrregião de Paragominas-PA. A referência que se tem é da sede municipal, onde a altitude alcança cotas aproximadas de 40 m. Entretanto, mais ao Sul do Município, essas cotas crescem um pouco mais (RODRIGUES et al., 2002).

4.1.6. Geologia e Relevo

A geologia do município de Paragominas é representada pela formação de Itapicuru, do Cretáceo, que apresenta arenitos, predominantemente vermelhos, finos, caulínicos, argilitos vermelhos laminados e calcário margoso fossilífero. Existe, ainda, a presença de sedimentos do Terciário, Barreiras e Quaternários sub atual e recente. O relevo apresenta tabuleiros relativamente elevados e aplainados, formas colinosas dissecadas, baixos tabuleiros, terraços e várzea. Morfoestruturalmente faz parte da unidade que se convencionou chamar de Planalto Sul do Pará/Maranhão (RODRIGUES et al., 2002).

4.1.7. Localização e descrição das áreas de estudo

O estudo foi realizado na Fazenda Juparanã, propriedade do Sr. José Carminati, localizada no Município de Paragominas-PA, sob as coordenadas 02° 55' 24" S e 47° 34'36"W. O clima descrito por Sudam (1984) é do tipo Aw de Köppen, isto é, tropical chuvoso com estação seca bem definida. As temperaturas médias do ar variam de 25,6 °C a 27,8°C. A precipitação pluviométrica na região tem média anual de 1.802 mm com duas estações, uma chuvosa que vai de dezembro a maio e outra menos chuvosa de junho a novembro. A umidade relativa do ar é bastante elevada com média anual em torno de 80% (RODRIGUES et al., 2002).

A vegetação natural da região foi classificada, de acordo com Veloso et al. (1991), em Floresta Ombrófila Densa Submontana, Floresta Ombrófila Densa de terras Baixas e Floresta Ombrófila Densa Aluvial.

O trabalho foi conduzido em solo representativo da microrregião do Nordeste Paraense, em um Latossolo Amarelo distrófico, textura argilosa (RODRIGUES et al., 2002), durante o período da estação chuvosa, em fevereiro de 2012.

4.1.8. Histórico da Área

A área destinada à implantação do experimento caracteriza-se como área de "floresta equatorial" representativa da região, a qual vem sendo utilizada para produção de grãos ao longo dos anos com culturas de (arroz, milho e soja), conduzidas sob preparo do solo convencional e plantio direto.

4.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro tratamentos (**Tabela 1**), e quatro repetições, em esquema de parcela subdividida ("Split plot"). As parcelas compreendem os sistemas de manejo do solo e as subparcelas compreendem as profundidades de solo (0-10 cm, 10-20 cm e 20-40 cm). A área de cada parcela foi de 100m x 50m (5.000 m²), como cada bloco foi composto por 4 repetições, a área total de cada tratamento foi de 20.000 m² (**Figura 2**).

Os tratamentos foram: Plantio direto com 7 anos de adoção (**Figura 3**), cultivado sob rotação de milho/soja desde 2005; Plantio direto com 4 anos de adoção (**Figura 4**), cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2008; Plantio direto com 3 anos de adoção (**Figura 5**), cultivado sempre em rotação de milho/soja desde 2009. Para comparação utilizou-se o

Tabela 1: Tratamentos e sistemas de manejo conduzidos no experimento na fazenda Juparanã Paragominas 2012.

Tratamentos (Parcelas)	Área/Ha	Sistemas de manejo do solo
T1= PD7	73,23	Plantio direto com 7 anos
T2= PD4	75,39	Plantio direto com 4 anos
T3= PD3	85,73	Plantio direto com 3 anos
T4= PC	28,95	Plantio convencional com 6 anos

Tratamentos: T1= (PD7= plantio direto com 7 anos); T2= (PD4= plantio direto com 4 anos), T3= (PD3=Plantio direto com 3 anos) e T4= (PC= preparo convencional de 6 anos), na fazenda Juparanã, Paragominas-PA.

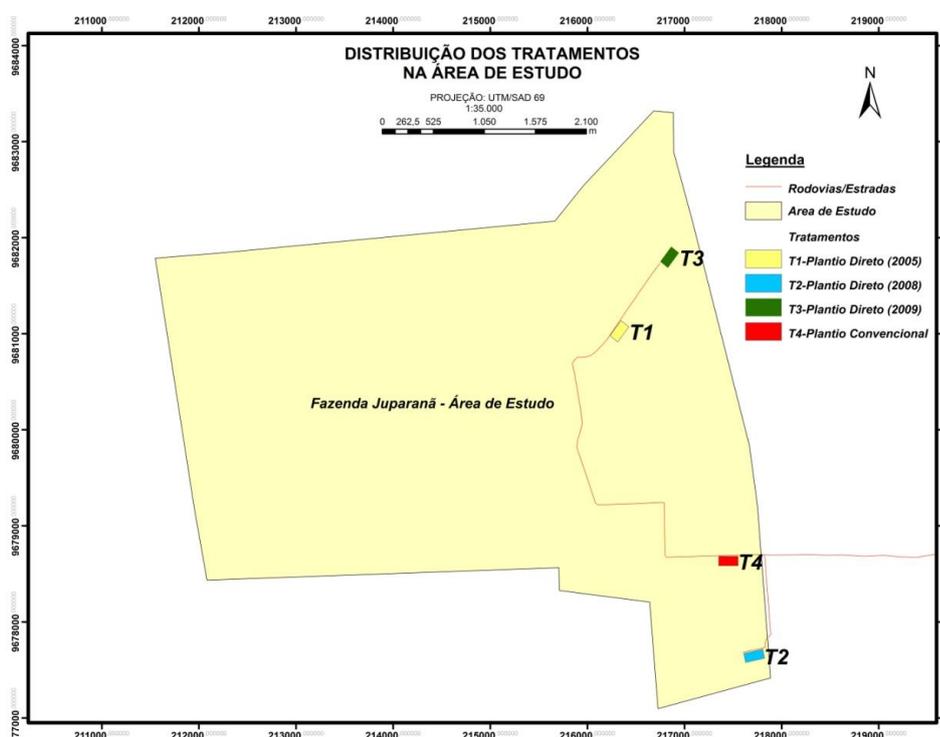


Figura 2: Distribuição dos tratamentos na área de estudo (Fazenda Juparanã)
 Fonte: Arquivo pessoal

Sistema de Plantio Convencional de 6 anos, cultivado desde 2006 (Figura 6), em rotação de milho/soja desde 2005.



Figura 3: Tratamento T1 (Plantio direto com 7 anos), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 4: Tratamento T2 (Plantio direto com 4 anos), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 5: Tratamento T3 (Plantio direto com 3 anos), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.



Figura 6: Tratamento T4 (Plantio convencional de 6 anos, cultivado desde 2006), no município de Paragominas-PA.
Fonte: Arquivo pessoal.

4.3. AMOSTRAGEM

Para avaliação das alterações dos atributos químicos do solo, em cada unidade experimental, foram coletadas amostras deformadas do solo nas seguintes profundidades 0-10, 10-20 e 20-40 cm em cada tratamento com quatro repetições.

As amostras deformadas foram coletadas com o auxílio de um trado tipo Sonda, dentro das entrelinhas de plantio a distâncias equivalentes em percurso de zig-zag (EMBRAPA, 2003). Seguindo este parâmetro, dentro de cada repetição dos tratamentos, foram coletadas 12 amostras simples por profundidade.

As amostras simples de cada repetição por profundidade foram misturadas e homogeneizadas, formando apenas uma amostra composta por repetição dentro de cada tratamento, perfazendo, neste estudo, um total de 48 amostras compostas.

4.4. MÉTODOS DE ANÁLISES LABORATORIAIS

4.4.1. Análises Químicas do Solo

Todas as amostras foram analisadas no Laboratório de solos da Agro Análise em Cuiabá-MT em 12 de março de 2012, conforme a metodologia descrita no Manual de Métodos de Análises de Solos da Embrapa (EMBRAPA, 2007).

O pH foi determinado em solução composta por 25 mL de água e 10 mL de solo, na proporção 1:2,5 (solo:H₂O); o P e K foram extraídos por Mehlich-1 (0,0125 mol L⁻¹ de H₂SO₄ + 0,05 mol L⁻¹ de HCl), sendo o P determinado por colorimetria e o K por fotometria de chama; Ca e Mg extraídos com KCl 1 mol L⁻¹, sendo o Ca e Mg determinados por complexometria com EDTA; H+Al extraído com solução de acetato de cálcio 1 mol L⁻¹ a pH 7,0 e determinado por titulação.

O carbono orgânico foi determinado pelo método Walkey e Black, baseado no princípio da oxidação da matéria orgânica, com dicromato de potássio em meio sulfúrico (EMBRAPA, 1997).

Dessa forma, tendo-se os teores de carbono orgânico, calculou-se a matéria orgânica pela fórmula:

$$M.O = \% \text{ de } C_{org} \cdot 1,724 \text{ (g.kg}^{-1}\text{)}$$

Em que: M.O= Matéria Orgânica; % de C_{org}= porcentagem de Carbono Orgânico.

4.4.2. Análise Estatística

Na análise estatística, os sistemas de manejo foram considerados como sendo as parcelas, e as profundidades de amostragem como subparcelas, constituindo um delineamento em blocos casualizados com parcelas subdivididas. As médias obtidas nas análises químicas do solo, foram submetidas a análise de variância (ANOVA), e comparadas pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade, utilizando o programa SISVAR (FERREIRA, 2011).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a análise de variância verificou-se efeito significativo de sistema de manejo do solo e de profundidade, para todos os atributos químicos analisados, não havendo, entretanto, efeito significativo da interação dos fatores de variação (**Tabela 2**).

A maior variabilidade, expressa pelo coeficiente de variação (CV), dentre os atributos do solo, foi verificada pelas de P e K (**Tabela 2**), de forma semelhante ao que foi obtido por (NICOLODI et al., 2000). Os altos coeficientes de variação encontrados podem ser explicados pelo aumento da variabilidade do solo em plantio direto, pela ação residual das linhas de adubação, que se mantêm na sequencia dos cultivos, juntamente com a redistribuição dos nutrientes reciclados dos resíduos (ANGHINONI & SALET, 1998).

De modo geral, observou-se redução dos valores de todos os atributos químicos do solo, à medida que houve aumento da profundidade de coleta das amostras, o que pode estar relacionado ao maior acúmulo de matéria orgânica na camada superficial do solo (**Tabela 2**).

5.1. FÓSFORO (P)

O teor médio de P no PC (preparo convencional) (18 mg.dm^{-3}) foi significativamente superior aos valores encontrados nos sistemas plantio direto, independentemente do tempo de adoção (**Figura 7**). Este resultado pode ser explicado pelo manejo realizado nas áreas durante o tempo de cultivo. Em trabalho semelhante Guedes (2009), obteve maiores concentrações de fósforo nas áreas com sistema de plantio direto, em todas as profundidades. Perin et al. (2003) e Albuquerque e Morais (2006), também verificaram maiores teores de P em SPD. Rheinheimer et al., (1998), observaram menores valores de P no sistema de cultivo convencional até a profundidade de 10 cm, em um Podzólico Vermelho-Amarelo textura arenosa/argilosa no município de Santa Maria – RS.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância de atributos químicos de um Latossolo Amarelo distrófico em função de sistemas de uso da terra e profundidade.

FV	QM								
	P	K	Ca	Mg	M.O.	pH CaCl ₂	Al	Sat. Bases %	CTC
Repetição	38,3888 ^{ns}	138,5000 ^{ns}	0,7368 ^{ns}	0,0325 ^{ns}	11,7038 ^{ns}	0,0624 ^{ns}	0,0122 ^{ns}	38,8029 ^{ns}	0,9068 ^{ns}
Sist. de Manejo	194,6111**	3165,7222**	11,2224**	0,8630**	154,9366**	1,0407**	0,0122**	1032,2035**	6,6602**
Profundidade	220,5625**	4885,7500**	11,8608**	1,0639**	238,0152**	0,8027**	0,0131**	1021,8377**	11,2443**
Sist. Manejo x Prof.	16,6736 ^{ns}	214,1388 ^{ns}	0,0980 ^{ns}	0,0045 ^{ns}	4,1343 ^{ns}	0,0082 ^{ns}	0,0053 ^{ns}	2,5843 ^{ns}	0,2602 ^{ns}
Erro	34,8737	690,5151	0,2608	0,0253	10,2566	0,0304	0,0041	30,4837	0,4124
CV (%)	46,32	22,36	14,71	13,05	8,43	3,33	258,98	10,3	7,03

** = Significativo a 5% pelo teste de Scott-Knott; ns = Não significativo; FV = Fonte de variação; QM = Quadrado médio.

Os teores de fósforo nos sistemas de plantio direto, não apresentaram diferença estatística quando comparados pelo teste de Scott-Knott, a 5 % de probabilidade. No entanto, os maiores acúmulos de fósforo foram verificados no PD-7 anos (13 mg.dm^{-3}), porque com o passar dos anos de implantação do SPD, ocorre um acúmulo de fósforo na camada superficial do solo (**Figura 7**). Isso ocorre segundo Muzilli (1983); Sidiras e Pavan (1985); Sá, (1993); Sá (1995); Sá, (1999); Caires (2000); Sousa e Lobato (2000), devido o fósforo apresentar baixa mobilidade e conseqüentemente maior disponibilidade na camada superficial do solo, decorrente da aplicação anual de fertilizantes fosfatados em sulco ou a lanço, e também da liberação de fósforo orgânico através da decomposição dos resíduos vegetais deixados na superfície e da menor intensidade de fixação de fósforo, ocasionada pelo menor contato desse nutriente com os constituintes inorgânicos passíveis de alta fixação de P no solo.

Os menores valores de fósforo nos sistemas de PD-3 anos e PD-4 anos (10 mg.dm^{-3}), pode ser explicado por apresentar na fase inicial de implementação (4 a 5 anos) ou até que o sistema entre numa fase de maior estabilização, a variabilidade horizontal muito acentuada, especialmente para P e K (LOPES et al. 2004).

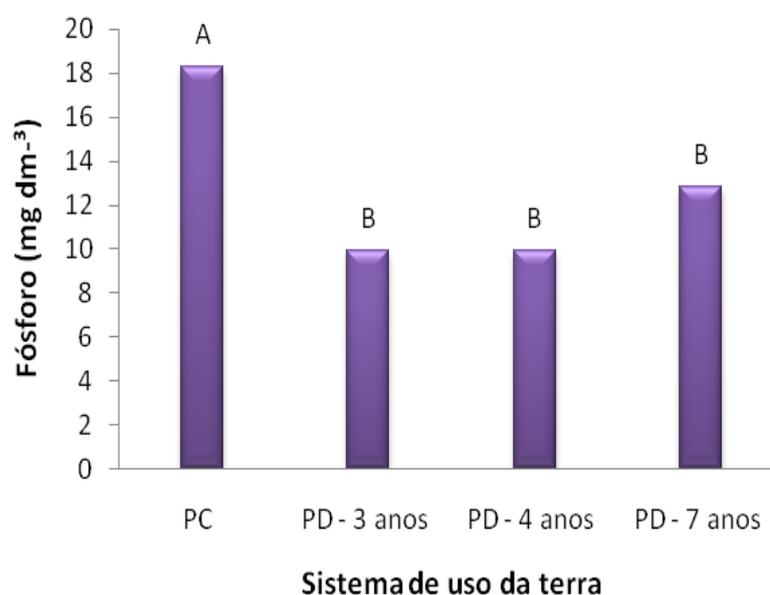


Figura 7- Fósforo sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD-3 = Plantio direto com 3 anos; PD-4 = Plantio direto com 4 anos; PD-7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

O maior acúmulo de P foi verificado nas camadas superficiais de 0-10 cm (16 mg.dm^{-3}), decrescendo de acordo com a profundidade amostrada em todos os sistemas de uso da terra, o que também foi verificado por Santos e Tomm (2003) e Guedes (2009) (**Figura 8**). Esse fato

é atribuído à não incorporação dos fertilizantes no sistema plantio direto (COSTA et al., 2011). Porém, não ocorreu diferença estatística em relação a profundidade 10-20 cm (13 mg dm^{-3}), no entanto, a camada de 20-40 cm (9 mg dm^{-3}) diferiu significativamente das demais, isso pode ser devido à sua baixa mobilidade e deposição do adubo na linha de plantio, sendo influenciado também pelos maiores teores de matéria orgânica e pela ausência do revolvimento no plantio direto (CONTE et al., 2002).

No entanto, no sistema de uso convencional a distribuição segue a profundidade de revolvimento, uma vez que, o P entra em contato com os colóides, aumentando a sua adsorção. Inicialmente a energia de ligação entre o P e os colóides é fraca e o mesmo pode ser facilmente liberado para a solução do solo, porém, com o passar do tempo esta ligação tende a ficar mais estável e o P fica adsorvido com maior energia, tornando-se menos disponível as plantas (WALKER e SYERS, 1976, citado por ROTTA, 2012).

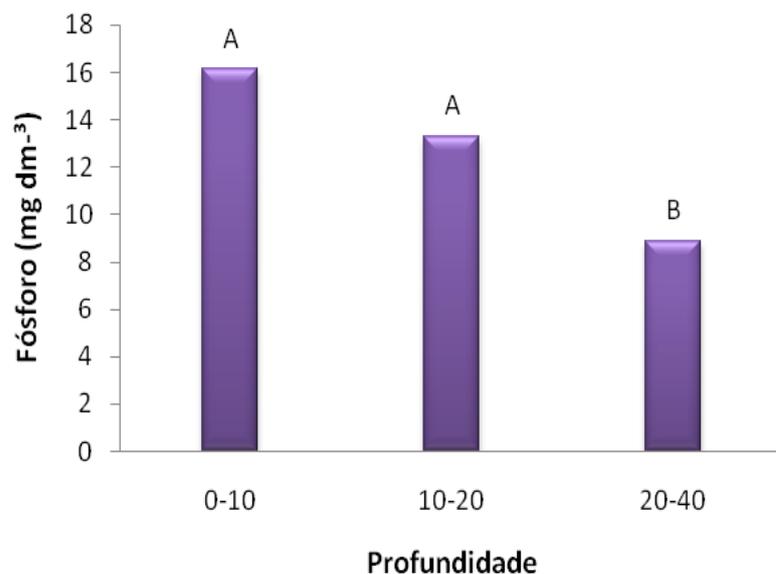


Figura 8 - Fósforo sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.2. POTÁSSIO (K)

Os teores médios de K foram maiores no sistema PD-7 anos (141 mg.dm^{-3}) (**Figura 9**). Nos trabalhos de Rheinheimer et al., (1998) verificaram que teores de K na solução do solo da camada de 0-5 cm sob SPD foram duas vezes superiores aos do SPC, permanecendo semelhantes nas demais camadas. Santos e Tomm (2003) e Freitas (2011) também verificaram maiores teores de K no sistema plantio direto, tais resultados devem-se ao fato da

liberação do potássio dar-se em maiores quantidades nas primeiras camadas do solo devido ao acúmulo de resíduos vegetais de cultivos anteriores, o que vai depender da quantidade de nutrientes acumulados na fitomassa das plantas de cobertura e o tempo de adoção do plantio direto e fatores agroclimáticos (LOPES et al., 2003).

Os sistemas PD-3 anos (108 mg.dm^{-3}), PD-4 anos (107 mg.dm^{-3}) e PC (115 mg.dm^{-3}), não apresentaram diferença estatística (**Figura 9**). Guedes (2009), em trabalho semelhante verificou maiores teores no sistema de plantio convencional.

Derpsch et al., (1991) afirmam que há diferenças significativas dos teores de potássio disponível nas primeiras camadas do solo no sistema plantio direto, quando comparado com o sistema de plantio convencional, devido aos teores de matéria orgânica encontrados durante o tempo de cultivo agrícola.

Observa-se em todos os resultados independente do sistema de uso que os níveis de K estão acima dos níveis considerados altos para os solos do Estado ($>90 \text{ mg.dm}^{-3}$), segundo Brasil e Cravo (2010). No estudo realizado por Borkert et al., (1993) em solo de manejo tradicional, é difícil manter o nível inicial de K, mesmo com adições frequentes e com altas doses.

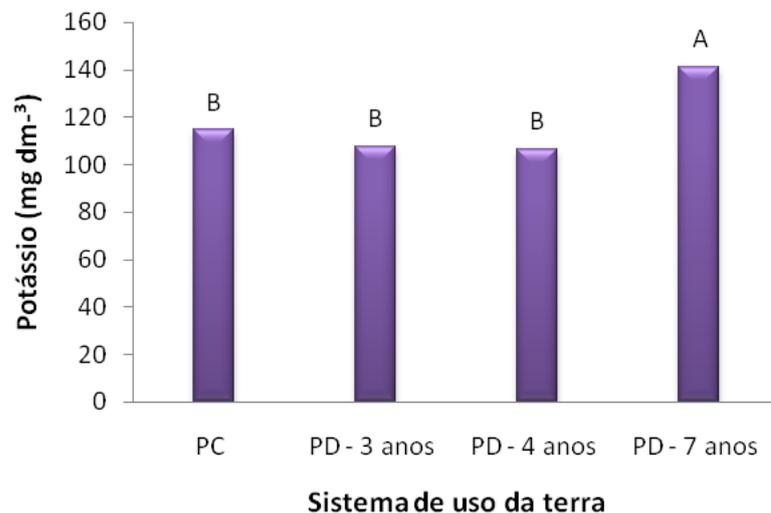


Figura 9 - Potássio sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

O maior acúmulo de K foi verificado na profundidade de 0-10 cm (137 mg.dm^{-3}), diferenciando das demais, o que também foi observado por (GUEDES, 2009) (**Figura 10**).

Santos e Tomm (2003), também obtiveram maiores teores de K na camada superficial de 0-0,5 cm. Segundo Salton e Hernani (1994), a maior concentração de K nas camadas superficiais do solo pode estar relacionada com a atuação do sistema radicular das culturas de cobertura do solo, que promove ciclagem deste elemento no solo, com o retorno das folhas e restos culturais à superfície.

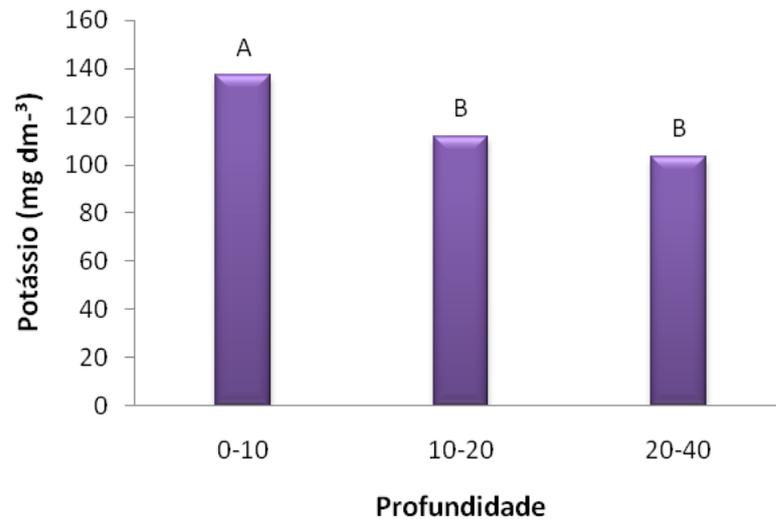


Figura 10 - Potássio sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.3. CÁLCIO (Ca)

Os maiores teores médios de Ca foram observados no SPD, independente do período de adoção, isso pode ser devido ao não revolvimento do solo e maior aporte de matéria orgânica (LOPES, et al., 2007) (**Figura 11**).

O PD-7 anos ($47,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) apresentou maior teor de Ca, havendo diferença significativa entre os sistemas de uso. Não houve diferença significativa entre o PD-3 anos ($34,9 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) e PD-4 anos ($34,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$), porém foram superiores no PC ($30,8 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) que apresentou o menor teor de Ca. Freitas (2011), também verificou maiores teores de Ca no sistema plantio direto quando comparados ao sistema de preparo convencional. Ciotta et al., (2002) em um Latossolo Bruno Alumínico submetido aos sistemas de preparo convencional e plantio direto por 21 anos, também obtiveram maiores teores de Ca no PD (**Figura 11**).

Os teores médios de cálcio verificados nesse estudo estão dentro da faixa considerada alta ($>4,5 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) para os solos do Estado do Pará, segundo Brasil e Cravo (2010).

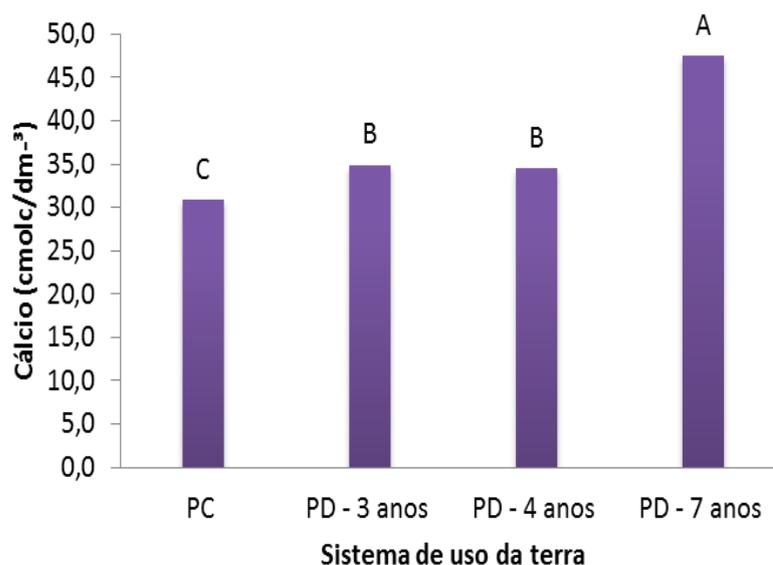


Figura 11 - Cálcio sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A maior concentração de Ca, também foi verificada na profundidade de 0-10 cm (43,5 $\text{cmol}_c\text{dm}^{-3}$), diferindo significativamente das demais profundidades amostradas. Nos trabalhos de Ciotta et al., (2002) também observaram maiores teores de Ca nas camadas superficiais de 0-6 cm de profundidade. No estudo realizado por Costa et al., (2011), os maiores teores de Ca foram mais elevados na camada de 10-20 cm, e a explicação para esta mobilização de Ca no perfil do solo foi atribuída à presença de resíduos orgânicos na superfície do solo. A movimentação desse cátion é atribuída à formação de complexos com ligantes orgânicos originados dos resíduos vegetais presentes na superfície do solo. Tais complexos apresentam cargas negativas ou nulas, e como o complexo de troca do solo possui predominantemente cargas negativas, a retenção dessas moléculas é baixa (PAVAN e MIYAZAWA, 1998; ZIGLIO et al., 1999) (**Figura 12**).

Stone e Silveira (2001) afirmaram que essa mobilidade do Ca, bem como do Mg, em profundidade, favorece o desenvolvimento radicular das plantas. Segundo Pavan (1999), isso ocorre por permitir maior capacidade de absorção de água e nutrientes do solo, tendo como consequência maior resistência a condições climáticas adversas e melhor aproveitamento dos nutrientes, de acordo com (COSTA et al., 2011).

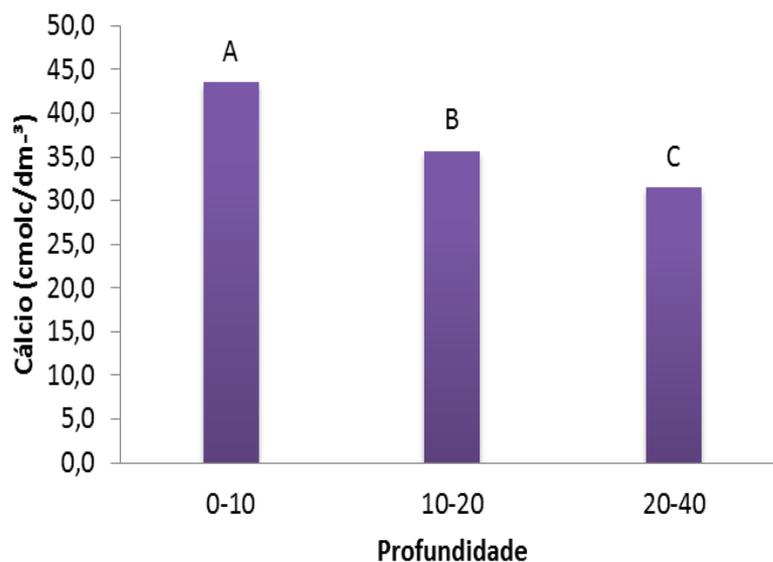


Figura 12 - Cálcio sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.4. MAGNÉSIO (Mg)

As maiores médias dos teores de magnésio no solo foram obtidas no SPD, sendo o maior teor verificado no PD-7 anos (15,8 cmol_c.dm⁻³), apresentando diferença significativa quando comparado ao PD-3 anos (12,9 cmol_c.dm⁻³) e PD-4 anos (12,4 cmol_c.dm⁻³), que não diferiram estatisticamente, sendo porém superiores ao PC (11,7 cmol_c.dm⁻³) (**Figura 13**). Segundo Moreira et al. (2001) com o aumento do tempo de cultivo sob sistema plantio direto, a distribuição de Ca, Mg e Al e os valores de pH e de saturação por bases no perfil do solo tornaram-se mais homogêneos. Este comportamento segundo Almeida et al., 2005; Andreotti et al., 2008; De Maria et al., 1999; Freiria et al., 2008; Santos; Tomm, 2003, citados por Siqueira Neto (2000), reflete a aplicação do fertilizante e do calcário em superfície, como também a estratificação que ocorre no sistema pela decomposição dos resíduos e pelo não revolvimento do solo.

Freitas (2011) também verificou maiores teores de Mg trocável no solo (1,92 cmol_c.dm⁻³) no sistema plantio direto quando comparado ao plantio convencional (0,82 cmol_c.dm⁻³). Guedes (2009), em trabalho semelhante, observou maiores teores de Mg no sistema plantio direto com apenas quatro anos de adoção. Segundo a autora, o acúmulo de Ca e Mg pode ter um comportamento semelhante no solo sob manejo convencional ou até mesmo no plantio direto com maior tempo de implantação.

Nos trabalhos realizados por Muzilli (1983), os teores de Ca e Mg, também foram maiores no plantio direto. O autor atribuiu este fato ao maior pH do solo encontrado no plantio direto, à não mobilização do solo e à redução das perdas do solo por erosão. As maiores concentrações em SPD, ocorre pela presença de resíduos vegetais na superfície solo, que pode causar aumento no pH e nos teores de Ca e Mg trocáveis e redução do Al trocável até camadas mais profundas do solo (SIDIRAS e PAVAN, 1985).

Cabe ressaltar ainda que os teores médios de Mg em todos os sistemas de uso da terra estão com nível alto ($> 1,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), segundo Brasil e Cravo (2010).

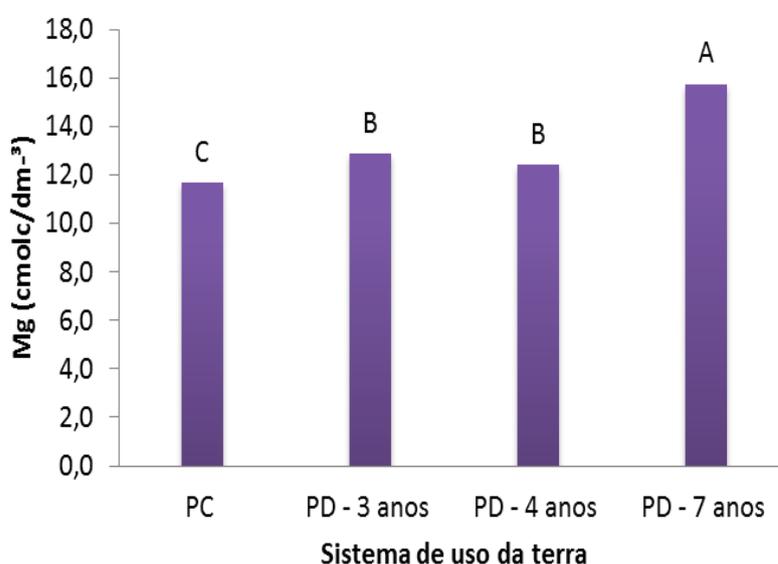


Figura 13 - Magnésio sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Os maiores teores de Mg, foram assim como no Ca superiores na camada de 0-10 cm ($15,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), apresentando diferença significativa quando comparada as profundidades de 10-20 cm ($12,9 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) e 20-40 cm ($11,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (**Figura 14**). Resultados semelhantes foram observados por Siqueira Neto et al., (2009) em relação as maiores concentrações de magnésio na camada superficial do solo.

Nos trabalhos realizados por Rheinheimer et al., (2000) verificaram que a liberação de compostos orgânicos hidrossolúveis e a lixiviação de nitratos podem favorecer a descida de cálcio e magnésio no perfil do solo. Segundo Pearson et al., (1962); Lal e Vandoren (1990), citados por Rheinheimer et al., (2000), a movimentação de descida de cálcio e magnésio no perfil do solo no SPD é lenta e influenciada por fatores biológicos e químicos. A manutenção dos resíduos culturais na superfície do solo diminui as variações de temperatura e umidade e

favorece a fauna, responsável pela abertura de canais, pelos quais pode ocorrer o transporte de partículas finas de calcário para a subsuperfície.

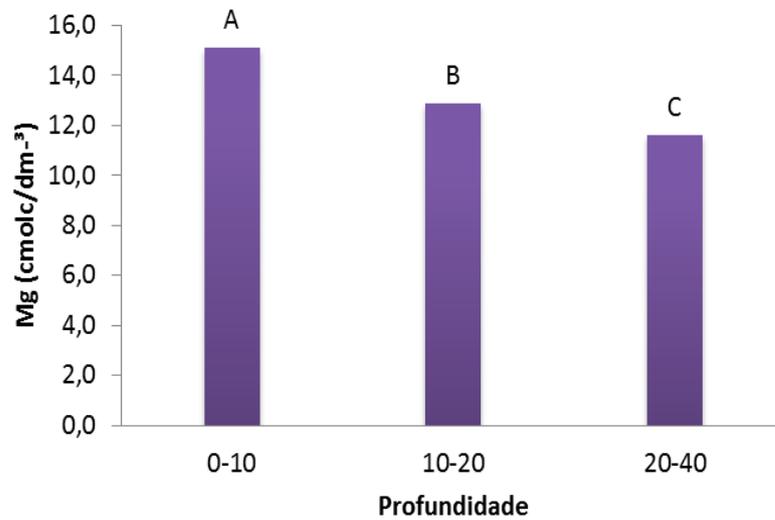


Figura 14 - Magnésio sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.5. MATÉRIA ORGÂNICA (MO)

Os valores de matéria orgânica do solo foram significativamente superiores no sistema plantio direto, aumentando com o tempo de adoção do sistema, devido a deposição da palhada, conforme mencionado por (MUZILLI, 2006). O maior teor foi verificado no PD-7 anos (41,8 g kg⁻¹), no entanto, houve variação estatística entre os sistemas PD-4 anos (39,8 g kg⁻¹), PD-3 anos e PC (**Figura 15**). No PC, o baixo valor do teor de MO (33,6 g kg⁻¹) pode está relacionado ao aumento da taxa de decomposição devido à mobilização do solo, conforme se observa no trabalho de (BAYER, 1996).

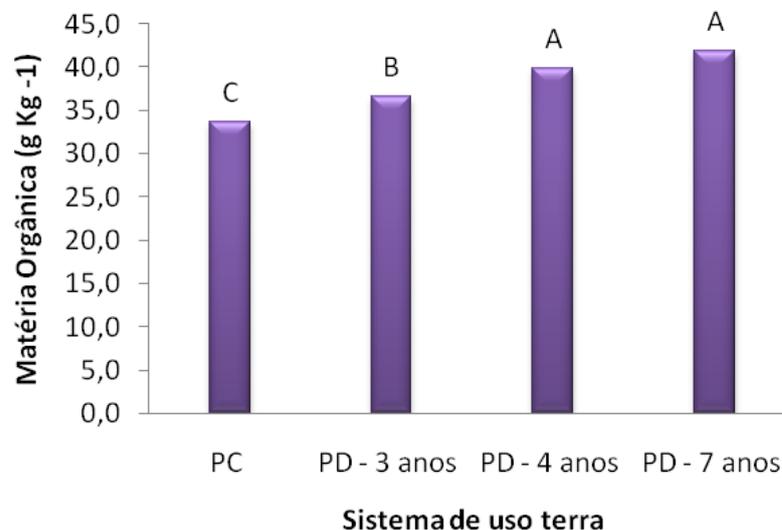


Figura 15 – Matéria orgânica sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Nos primeiros cinco anos de implantação do sistema, os solos apresentam baixo conteúdo orgânico e baixo acúmulo de palhada, sendo que no período entre cinco e dez anos é que se inicia o acúmulo de palhada na superfície e carbono orgânico (SÁ, 2004).

Karlen et al., (2004) ressaltam que a partir do quarto ano de implantação do plantio direto, já é possível ocorrerem melhoras da fertilidade química significativas em relação ao sistema de preparo convencional, principalmente, para os teores de matéria orgânica ao longo do tempo do cultivo.

Na **Figura 16**, observa-se variação estatística entre as profundidades avaliadas, onde a camada superficial do solo (0-10 cm) apresentou maior valor de matéria orgânica ($41,7 \text{ g kg}^{-1}$). Lopes et al., (2004) afirmam que a ausência de preparo do solo (práticas convencionais de aração e de gradagem) e a quantidade e qualidade, tanto dos resíduos das culturas de interesse econômico em rotação ou sucessão, como das plantas de cobertura ao longo dos anos, acarretam um aumento gradual no teor de matéria orgânica, principalmente, na camada superficial (0-10 cm).

Esse maior teor de matéria orgânica nas primeiras camadas superficiais, está diretamente relacionado com a deposição de resíduos vegetais e animais que a matéria orgânica representa, bem como pela natureza superficial das raízes da maioria dos vegetais. Estes mesmos resultados foram encontrados por Freitas (2011) embasado nos trabalhos de (CARVALHO, 1994; SANCHEZ, 1981).

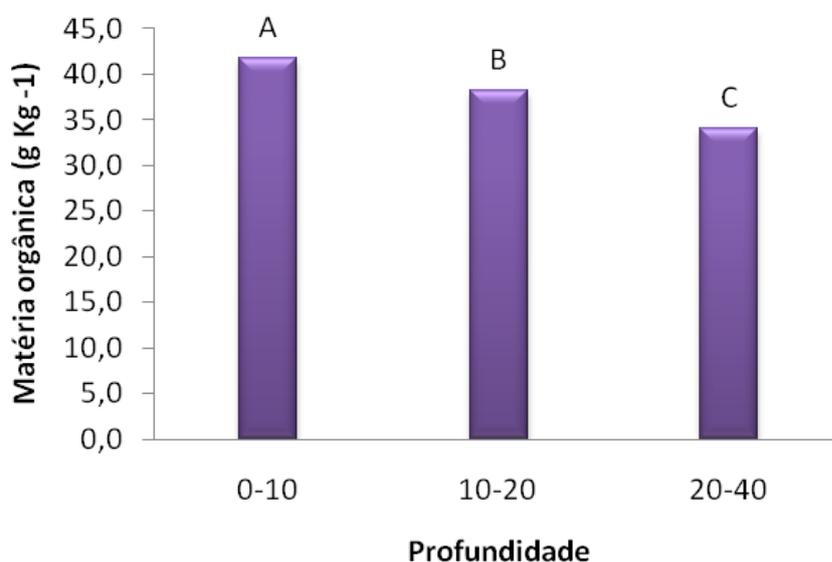


Figura 16 – Matéria orgânica sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.6. pH EM ÁGUA

A **Figura 17**, mostra que em todas as áreas com a adoção do sistema plantio direto, os valores de pH em água foram superiores ao PC, com destaque para o PD-7 anos (6,39). Este, se diferenciou estatisticamente dos outros sistemas, devido as modificações decorrentes ao aumento do tempo de uso da área, tais como, a ausência de revolvimento do solo e a incorporação dos resíduos culturais, que promovem modificações nos teores de matéria orgânica (MO), na capacidade de troca de cátions (CTC), no pH e na dinâmica dos nutrientes (TOGNON et al., (1997) citados por GUEDES (2009).

Em relação aos demais sistemas de uso, houve uma pequena variação estatística nos valores de pH entre eles, com destaque para o PC (5,74) que permaneceu baixo, devido ao teor considerável de alumínio neste sistema.

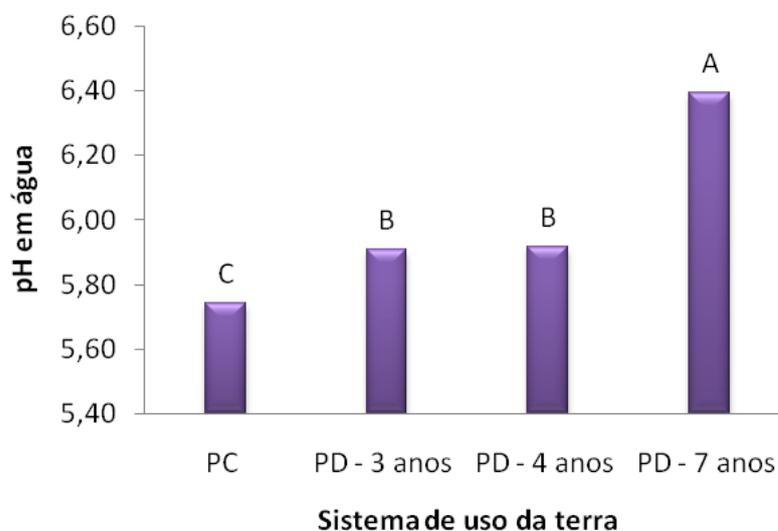


Figura 17 - pH em água sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Nota-se na **Figura 18**, que houve variação estatística entre as profundidades estudadas, destacando a camada de 0-10 cm (6,23) do solo. Isso ocorre devido a liberação de íons orgânicos, vindos da decomposição dos resíduos, que mobilizam o Ca^{+2} aumentando o pH (COSTA, 2000; FRANCHINI et al., 1999 e 2003). Valores semelhantes também foram encontrados por (FREITAS, 2011) em seus trabalhos.

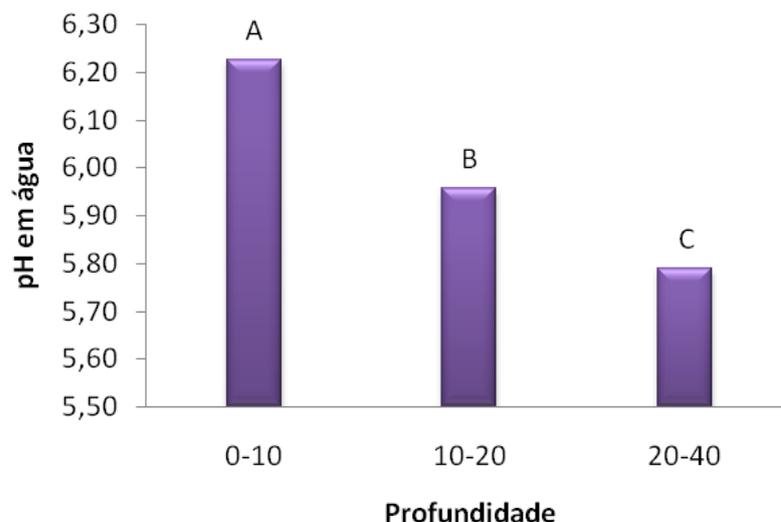


Figura 18 - pH em água sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Nas camadas de 10-20 cm (5,96) e 20-40 cm (5,79) do solo também foram encontrados valores consideráveis de pH, decorrente do acúmulo de M.O em estágio final de mineralização, que faz com que a oxidação libere elétrons para a solução do solo, com isso propiciando o aumento de pH mesmo em profundidade (SOUSA et al., 2007) (**Figura 18**). Outro fator, está relacionado, não só à deposição do cálcio promovido pela calagem, mais também, pela movimentação descendente de cálcio e magnésio para camadas mais profundas de solo.

5.7. ALUMÍNIO TROCÁVEL (Al)

Observa-se que houve variação estatística entre os sistemas de uso avaliados (**Figura 19**). No PC ($0,1 \text{ cmol}_c.\text{dm}^{-3}$) o teor de Alumínio apresentou valor superior aos demais sistemas, seguindo do PD-3 anos, não havendo diferença entre eles. Verifica-se também que no trabalho de Souza e Alves (2003) os teores de Al trocáveis no sistema plantio direto são mais baixos que no plantio convencional. Os mesmos autores, afirmam que os menores valores médios de Al nos sistemas plantio direto são decorrentes dos efeitos proporcionados pelas elevações no pH, pela aplicação de calcário para neutralização do Al^{3+} e dos maiores teores de cátions básicos presentes na CTC efetiva do solo.

Já no PD-4 anos e PD-7 anos não houve variação estatística, resultando em valores extremamente baixos, decorrente da provável complexação do Al pelos compostos orgânicos, gerados no processo de decomposição dos resíduos vegetais (SALET, 1994) (**Figura 19**). Além do efeito positivo da adição de Ca, Mg e K estes resíduos podem contribuir para

diminuir a atividade do Al em solução e/ou aumentar a saturação por bases (FRANCHINI et al., 1999). Em um de seus trabalhos Alvarez et al. (1996) enfatiza que esses níveis de alumínio na solução do solo depende do pH, da saturação do alumínio, do teor de matéria orgânica e da presença de outros íons na solução do solo.

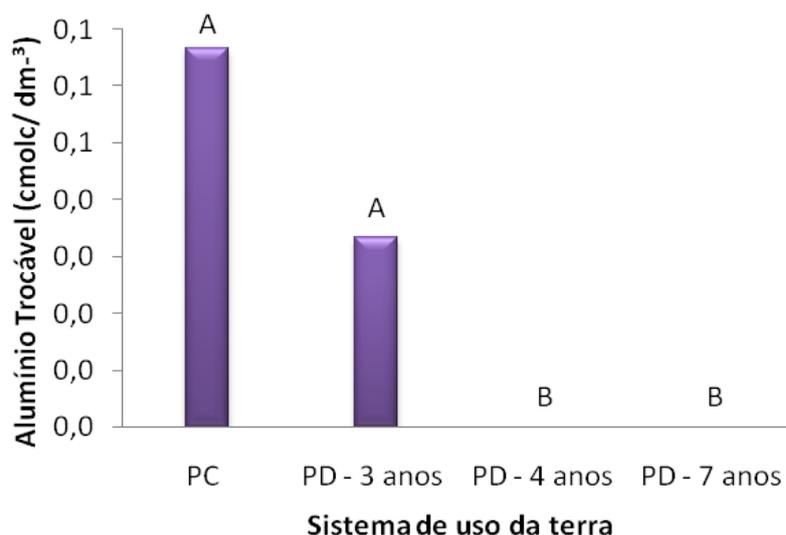


Figura 19 - Alumínio trocável sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A **Figura 20**, apresenta os maiores teores médios de Al verificados nas profundidades de 10-20 cm e 20-40 cm. Já na camada de 0-10 cm os valores de Al foram baixos, mesmo assim não havendo variação estatística entre as profundidades avaliadas. Esses valores mais baixos de alumínio, são proporcionais a elevação do valor de pH no solo, onde a neutralização deste elemento decorre dos teores de cálcio e magnésio no solo. Em trabalhos semelhantes, Giacomini et al. (2003), afirmam que isto ocorre devido à profundidade de mobilização do solo e a incorporação do calcário. Outro fator está relacionado com o aumento de matéria orgânica em solos não revolvidos, decorre da diminuição da taxa de decomposição microbiana da matéria orgânica no solo que pode amenizar possíveis efeitos negativos da acidificação superficial em solos sob sistema plantio direto pela complexação de Al (SALET et al., 1999).

Os valores de alumínio trocável em relação à profundidade do solo, apresentam menores valores na profundidade de 0-10 cm do solo, isto, pode ser devido ao aumento nos teores de alumínio trocável da superfície para as camadas mais profundas do solo.

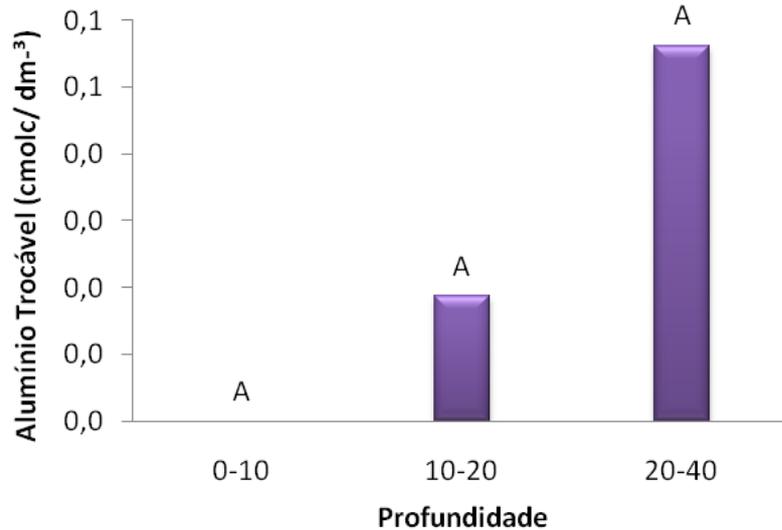


Figura 20 - Alumínio trocável sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.8. SATURAÇÃO POR BASES (V%)

De acordo com os resultados obtidos, pode-se observar na **Figura 21** que o PD-7 anos (67,2 %) obteve o maior valor de teor de saturação por bases (V%), seguido do PD-3 anos (50,9 %). O PC (46,4 %) apresentou os menores valores de saturação por bases (V%).

Em seus estudos, Landers (2005), enfatiza que os valores encontrados no sistema plantio direto caracterizam sustentabilidade da fertilidade química no solo por serem considerados altos e constantes.

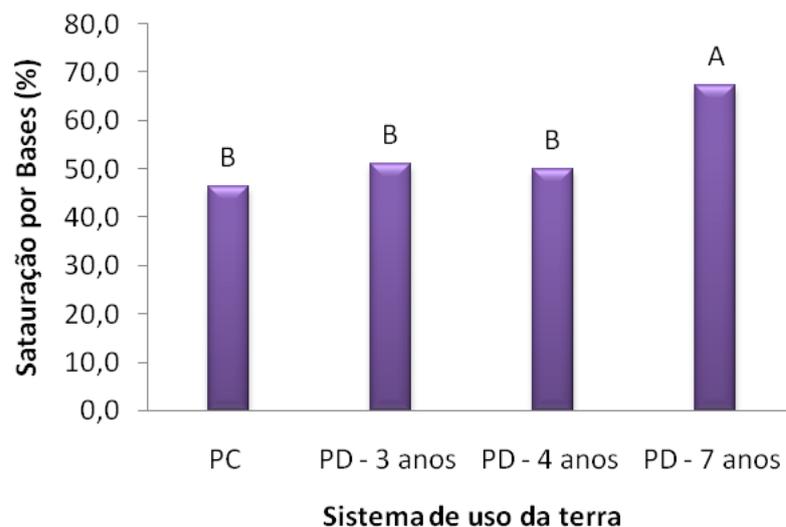


Figura 21 – Saturação por bases (%) sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

A **Figura 21** mostra que houve variação estatística entre o sistema de uso PD-7 anos distinguindo-se em relação com os demais sistemas.

Observa-se que os valores de saturação por bases (V%) foram maiores que 50 % nas profundidades de 0-10 cm (62,3 %) e 10-20 cm (51,9 %) do solo, exceto na profundidade de 20-40 cm (46,7 %) (**Figura 22**). De acordo com Ciotta et al., (2002) os maiores valores de saturação por bases (V%) na superfície do solo em PD refletem os maiores teores de Ca, Mg e K trocáveis nessa camada.

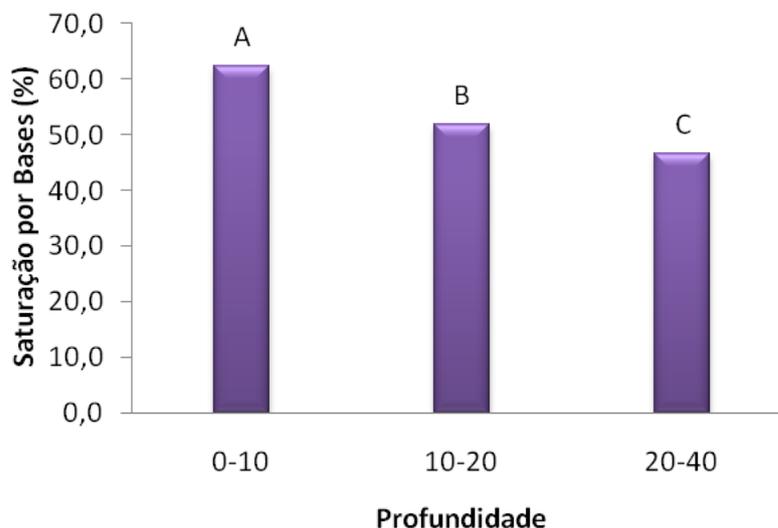


Figura 22 – Saturação por bases (%) sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

5.9. CAPACIDADE DE TROCA DE CÁTIONS (CTC)

Os maiores valores de CTC foram encontrados nos sistemas PD-7 anos ($10,1 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), seguindo do PD-4 anos ($9,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$) (**Figura 23**). Isso está relacionado aos maiores conteúdos de K, Ca e Mg, acumulados na superfície pela maior cobertura do solo e menores teores de alumínio, menor acidez e lixiviação proporcionados pelo plantio direto (FREITAS, 2005; MUZILLI, 2006).

Vale salientar também que de acordo com Rheinheimer et al. (1999), este aumento da CTC no plantio direto pode ser atribuído ao aumento da matéria orgânica, principalmente, da fração ácidos húmicos, responsáveis pela formação de muitas cargas negativas no solo. A CTC sofre aumento com a elevação do teor de matéria orgânica, conferindo ao solo maior adsorção de cátions trocáveis liberados pela decomposição da matéria orgânica (Costa, 1983 citado por Pereira et al., 2000). E como consequência da elevação da CTC e dos cátions trocáveis, verifica-se aumento de saturação de bases o que causa, a elevação do pH e diminuição do alumínio trocável.

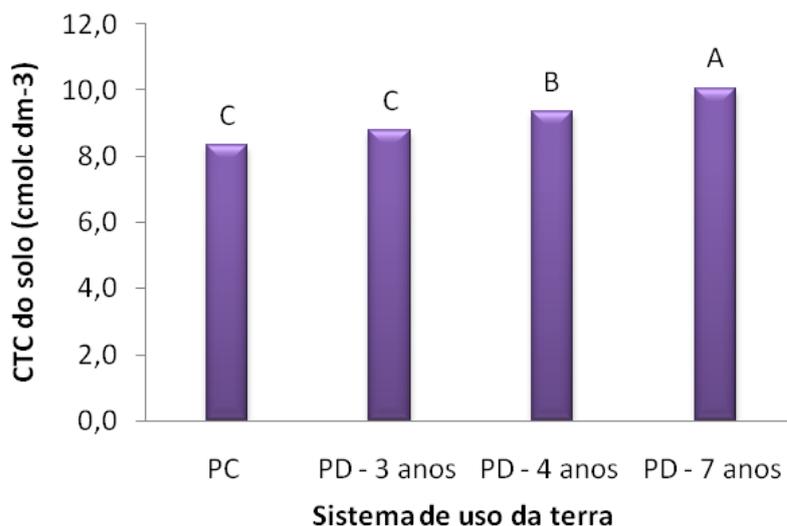


Figura 23 – CTC do solo sob diferentes sistemas de uso da terra. PC = Plantio convencional; PD3 = Plantio direto com 3 anos; PD4 = Plantio direto com 4 anos; PD7 = Plantio direto com 7 anos. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Observa-se que houve variação estatística em todos os sistemas de uso, exceto entre o PC e o PD-3anos, devido se encontrar no início de implantação do sistema plantio direto.

Em relação a profundidade, observa-se na **Figura 24**, que houve variação estatística entre as profundidades avaliadas, ocasionando um decréscimo nos valores de CTC para as camadas mais profundas do solo, 10-20 cm (9,2 cmol_c dm⁻³) e 20-40 cm (8,3 cmol_c dm⁻³).

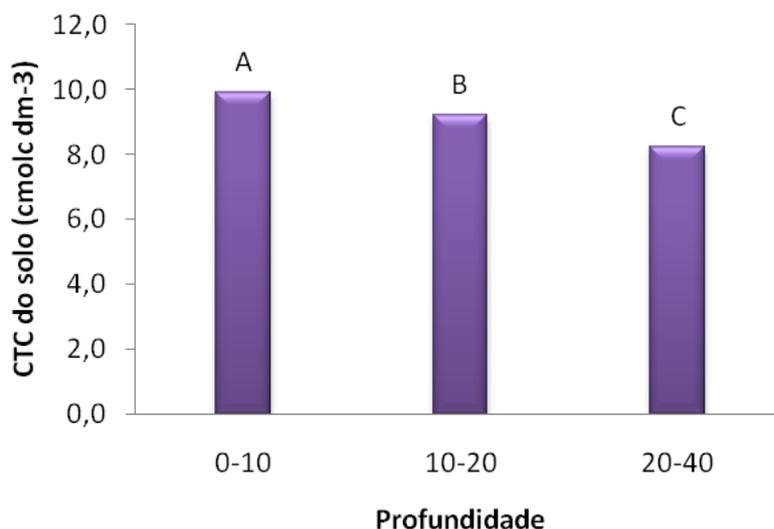


Figura 24 – CTC do solo sob diferentes profundidades. 0-10 cm de profundidade; 10-20 cm de profundidade; 20-40 cm de profundidade. *Médias seguidas de mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott a 5%.

Acompanhando os resultados obtidos por Lopes et al. (2003), podemos observar que está relacionado com as características químicas e os maiores teores de matéria orgânica depositados pela palhada ao solo, proporcionando um maior incremento dos teores de nutrientes na camada superficial deste solo.

6. CONCLUSÃO

Os maiores valores dos atributos químicos do solo são encontrados na camada superficial (0 - 10 cm) do solo e decrescem com aumento da profundidade.

Os valores de potássio, cálcio, magnésio, matéria orgânica, pH em água, saturação por bases e CTC são maiores no sistema plantio direto, independentemente do tempo de adoção.

O sistema de preparo convencional proporcionou aumento nos teores de alumínio.

Os maiores teores de fósforo foram observados no sistema de uso sob o plantio convencional.

Houve incremento da fertilidade química do solo com o aumento do tempo de adoção no plantio direto no Município de Paragominas-PA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBUQUERQUE, R. de N. O. & MORAIS, F. de. Crescimento da soja em solo de pastagem degradada do sudeste paraense em função da calagem e da aplicação de fósforo. **Revista de Ciências Agrárias**, 46:107-115, 2006.

ALMEIDA, J. A.; BERTOL, L.; LEITE, D.; AMARA, A. J.; ZOLDAN JÚNIOR, L. W. A. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 29, n. 3, p. 437-445. 2005.

ALVAREZ, V.H.; MELLO, J.W.V.; DIAS, L. E. **Acidez e calagem do solo**. In: FERTILIDADE e manejo do solo. Brasília: ABEAS, 1996. 67p. (Módulo, 4).

AMADO, T. J. C. **Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo**. 1997. 201 f. (Tese doutorado em Agronomia) – curso de Pós-Graduação em Ciências do solo, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1997.

AMADO, T.J.C.; BAYER, C.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **R. Bras. Ci. Solo**, 25:189-197, 2001.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alterações de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, n.4, p.695-702, 2001.

ANGHINONI, I.; SALET, R.L. Amostragem do solo e as recomendações de adubação e calagem no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N.J. ed. **Conceitos e fundamentos do sistema plantio direto**. Lages, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo/Núcleo Regional Sul, 1998. p.27-52.

ANGHINONI, IBANOR. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. IN: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. **Fertilidade do Solo**. Viçosa-MG; Sociedade Brasileira de ciência do Solo, 2007. 1017 p.

ANGHINONI, IBANOR. Amostragem do solo, dinâmica da acidez e calagem em plantio direto. IN: FONTOURA, S. M. N; BAYER, C. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Guarapuava-PR, 2006. p. 32-58.

BASTOS, T. X.; PACHÊCO, N. A.; FIGUEIREDO, R. de O. SILVA, G. de F. da. **Características agroclimáticas do município de Paragominas-PA**. Embrapa Amazônia Oriental. Belém-PA. 2005.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um Cambissolo Húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à material orgânica. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:687-694 1999.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Características químicas do solo afetadas por métodos de preparo e sistemas de culturas. **R. Bras. Ci. Solo**, 21:105-112, 1997.

BAYER, C. **Dinâmica da matéria orgânica em sistemas de manejo do solo**. Porto Alegre, 1996. 240p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de Rio Grande do Sul.

BAYER, C.; FONTOURA, S. M. **Manejo e fertilidade do solo em plantio direto**. Paraná, 2007.

BERNARDI, A. C. de C.; MACHADO, P. L. O. de A.; FREITAS, P. L. de; COELHO, M. R.; LEANDRO, W. M.; OLIVEIRA JUNIOR, J. P. de; SANTOS, H. G. dos; MADARI, B. E.; CARVALHO, M. da C. S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nos cerrados**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003.

BERTOL, I.; BEUTLER, J. F., LEITE, D.; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um Cambissolo Húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 58, n. 3, p. 555-560, 2001.

BILIBIO, W. D.; CORREIA, G. F.; BORGES, E. N. Atributos físicos e químicos de um latossolo, sob diferentes sistemas de cultivo. **Revista de Ciência Agrotecnológica**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 817-822. 2010.

BOER, C.A.; ASSIS, R.L. de; SILVA, G.P.; BRAZ, A.J.B.P.; BARROSO, A.L. de L.; CARGNELUTTI FILHO, A.; PIRES, F.R. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.1269-1276, 2007.

BORKERT, C.M.; SFREDO, G.J. & SILVA, D.N. Calibração de potássio trocável para soja em Latossolo Roxo distrófico. **R.Bras. Ci. Solo**, 17: 223-226, 1993.

BRASIL, E. C.; CRAVO, M. da S. Interpretação dos resultados de análise de solo. IN: (Ed. CRAVO, M. da S.; VIÉGAS, I. de J. M.; BRASIL, E. C.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Pará**. Embrapa, Belém-PA, 1ª Edição. 2010. p. 43-48.

CAIRES, E.F.; BANZATTO, D.A.; FONSECA A.F. Calagem na superfície em sistema de plantio direto. **R. Bras. Ci. Solo**, Viçosa, v.24, n.1, p.161-169, 2000.

CAIRES, E.F.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Correção da acidez do solo, crescimento radicular e nutrição do milho de acordo com a calagem na superfície em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.1011-1022, 2002.

CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um latossolo vermelho-escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **R. bras. Ci. Solo**, 21:473-480, 1997.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de latossolos roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Campinas, v. 14, n. 1, p. 99-105, 1990.

CARVALHO, E. J. M.; VELOSO, C. A. C.; FREITAS, L. de S.; RODRIGUES, T. E. Influência de sistemas de manejo sobre o fósforo no solo em Latossolo Vermelho Amarelo do sudeste paraense. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, 27; Reunião Brasileira sobre Micorrizas, 11; Simpósio Brasileiro de Microbiologia do Solo, 9;

Reunião Brasileira de Biologia do Solo, 6; 2006, Bonito, MS. A busca das raízes: **Anais**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006.

CARVALHO, E.J.M. **Efeito de sistemas de manejo sobre algumas propriedades físicas e químicas de um podzólico vermelho-amarelo câmbico distrófico fase terraço e sobre a produção de soja**, 1984. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

CASSOL, L. C. **Características físicas e químicas do solo e rendimento de culturas após a reaplicação de calcário, com e sem incorporação, em sistemas de preparo**. Porto Alegre : UFRGS, 1995. 97 p. Dissertação de Mestrado.

CIOTTA, M. N.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; ALBUQUERQUE, J. A.; WOBETO, C. **ACIDIFICAÇÃO DE UM LATOSSOLO SOB PLANTIO DIRETO** Revista Brasileira de Ciência do Solo, vol. 26, núm. 4, 2002, pp. 1055-1064. **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, Brasil.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10. ed. Porto Alegre, 2004. 400p.

CONTE, E.; LANGHINONI, I.; RHEINHEIMER, D.S. Fósforo da biomassa microbiana e atividade de fosfatas e ácida após aplicação de fosfato em solo no sistema plantio direto, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 925-930, 2002.

COSTA, M. S. S. M.; PIVETTA, L. A.; COSTA, L. A. M.; CASTOLDI, G.; GOBBI, F. C. Atributos químicos do solo sob plantio direto afetado por sistemas de culturas e fontes de adubação. **Rev. Bras. Ciênc. Agrár.**, Recife, v.6, n.4, p.579-587, 2011.

COSTA, F. **Avaliação do potencial de expansão da soja na Amazônia legal: uma aplicação do modelo de vonthünem**, 2000. 162 p. Dissertação (Mestrado)- ESALQ-USP, Piracicaba, 2000.

COSTA, M.P. **Efeito da matéria orgânica em alguns atributos do solo**. Piracicaba, 1983. 137p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

COUTO, E. G.; STEIN, A.; KLAMT, E. **Large area spatial variability of soil chemical properties, in central Brazil**. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v.66, n. 02, p.139-152, 1997

DE BONA, F. D. **Dinâmica da material orgânica do solo em sistemas irrigados por aspersão sob plantio direto e prepare convencional**. 2005. 130f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências do solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005.

DERPSCH, R. **A expansão do plantio direto no Brasil e no mundo**. Revista Plantio Direto, SP, p. 1-10. 2007.

DERPSCH, R et al. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), 1991. 272 p.

DIJKSTRA, F. **Integração agropecuária e plantio direto**. PR-IAPA, 2005.

ELTZ, F.L.P.; PEIXOTO, R.T.G.; JASTER, F. Efeito de sistemas de preparo do solo nas propriedades físicas e químicas de um Latossolo Brunoalco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.259-267, 1989.

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solos**. 2ª edição. Rio de Janeiro, RJ. Embrapa Solos, 2007.

EMBRAPA. Harmonia com a natureza. **Agroanalysis**, Rio de Janeiro, p. 12-7, fev. 2003.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro. RJ). **Manual de métodos de análise de solos**. 2ed. Rio de Janeiro, p. 212, 1997.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. F. S.; BAYER, C. Chemical modifications cause dbyliming below the limedlayer in a predominantly variable charge acid soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Philadelphia, v. 35, p. 889-901, 2004.

FERREIRA, D. F. Sisvar: A Computer Statistical Analysis System. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, v. 35, n.6, p. 1039-1042, 2011.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **R. Bras. Ci. Solo**, 23:533-542, 1999.

FRANCHINI, J. C.; HOFFMANN-CAMPO, C. B.; TORRES, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, A. Organic composition of Green manureduring grow thand its effecton cation mobilization in anacid Oxisol. **Comm. Soil Scienci Plant Anal.**, v.34, p.2045-2058, 2003.

FREITAS, L. de S. **Varição de atributos químicos de dois Latossolos Amarelos sob diferentes sistemas de manejo nos municípios de Redenção e Paragominas-PA**. 2011. 176. p. Tese (Doutorado) – Universidade Federal Rural da Amazônia- UFRA, Belém, 2011.

FREITAS, P. L.; Sistema Plantio Direto: Conceitos, Adoções e Fatores limitantes. **Comunicado Técnico Embrapa**, Rio de Janeiro, RJ, p. 3, Dezembro, 2005.

FREITAS, P. L. Aspectos físicos e biológicos do solo. In: LANDERS, J. N. (Editor). **Fascículo de experiências de plantio direto no cerrado**. Goiânia: APDC, 2002. p. 199 – 213.

FREITAS, P. L.; TRECENTI, R. Sistema plantio direto: modificando o ensino de solos. **Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 27, n. 1, p.15-16, jan, 2002.

GATIBONI, L.C.; KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. dos S.; FLORES, J.P.C. Biodisponibilidade de formas de fósforo acumuladas em solo sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.691-699, 2007.

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; HÜBNER, A.P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto, **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, p. 1097-1104, 2003.

GUEDES, E. M. S. **Atributos químicos e físicos de um Latossolo Amarelo argiloso e produção de soja em sistemas de manejo, no Município de Paragominas/PA**. Belém, 2009. 75f.:il. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal Rural da Amazônia, 2009.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA – IBGE. **Levantamento de área territorial de Redenção e Paragominas**. 2010.

KARLEN D. L., ANDREWS, S. S. AND WIENHOLD, B. J. **Qualidade da Fertilidade do Solo e da Saúde - Contexto Histórico Status e Perspectivas**. Danish Institute of Agricultural Sciences Research Centre Foulum Tjele Denmark, CABI Publishing is a division of CAB International. Massachusetts –USA. 2004. 345 p.

KLEPER, D.; ANGHINONI, I. Características físicas e químicas do solo afetadas por métodos de preparo e modos de adubação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n.19, p.395-401, 1995.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B. & NEVES, J. C. L. Eds. Fertilidade do Solo. Viçosa-MG; **Sociedade Brasileira de ciência do Solo**, 2007. p. 1-64.

LOPES, A.S., S. WIETHOLTER, L.R.G. GUILHERME; C.A. SILVA. **Sistema plantio direto: Bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA, 2004. 110 p.

LOPES, A. S. WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G. et al. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. São Paulo, ANDA, 2003. 115 p.

MACHADO, L.O.; LANA, A.M.Q.; LANA, R.M.Q.; GUIMARÃES, E.C.; FERREIRA, C.V. Variabilidade espacial de atributos químicos do solo em áreas sob sistema plantio convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, n. 03, p.591-599, 2007.

MACHADO, J. A.; PAULA SOUZA, D.M. DE; BRUM, A.C.R. de. Efeito de anos de cultivo convencional em propriedades físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.5, n.1, p.187-189, 1981.

MARQUES, S. R.; MARINHO WEILL, M. de A.; SILVA, L. F. S. de. Qualidade física de um latossolo vermelho, perdas por erosão e desenvolvimento do milho dois sistemas de manejo. **Revista de Ciência Agrotecnológica**. Lavras, v. 34, n. 4, p. 967-974. 2010.

MARSH, B. H.; GROVE, J. H. Surface and sub surface soil acidity: soybean root response to sulfate-bearing spent lime. **Soil Science Society of America**, Madison, v. 56, p. 1837-1842, 1992.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria. 2006. 84 p. (Dissertação de Mestrado).

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; CALEGARI, A. efeito de material vegetal na acidez do solo. **R. Bras. Ci. Solo**, 17:411-416, 1993.

MOREIRA, S. G. et al. Calagem em sistema de semeadura direta e efeitos sobre a acidez do solo, disponibilidade de nutrientes e produtividade de milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, n. 25, p. 71-81, 2001.

MUZILLI, O. **Manejo do solo em sistema plantio direto**. Londrina, IAPAR, 2006.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa.v.7, n.9, p.95-102. 1983.

NICOLODI, M. et al. Variabilidade de amostragem com trado no sistema plantio direto. Fertibio 2000, Santa Maria. Seção de Fertilidade do solo e Nutrição Mineral de Plantas (SFNP). Método laboratoriais. **Anais...** CD-ROM, 2000.

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

PAVAN, M.A.; MIYAZAWA, M. Mobilidade de calcário no solo através de resíduo de aveia. In: Reunião Brasileira de Aveia, 18., Londrina. **Anais...** Londrina: IAPAR, 1998. p. 72-78.

PEREIRA, M. H. **O meio ambiente e o plantio: a segunda revolução verde**. Goiânia: 1997. p. 25-28.

PEREIRA, W. L. M.; VELOSO, C. A. C.; GAMA, J. R. N. F. **Propriedades químicas de um Latossolo Amarelo cultivado com pastagens na Amazônia Oriental**. Belém, PA. In: *Scientia Agricola*, v.57, n.3, p.531-537, jul./set. 2000.

PERIN, E.; CERETTA, C. A.; KLAMT, E. Tempo de uso agrícola e propriedades químicas de dois Latossolos do planalto médio do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v27, 9:665-674, 2003.

PINTO et al. **Diagnóstico Socioeconômico e Florestal do Município de Paragominas**. Relatório Técnico. Belém/PA, Instituto do Homem e Meio Ambiente da Amazônia - Imazon. 2009. 65 p.

PLATAFORMA PLANTIO DIRETO. **Introdução e histórico**. 2004. Disponível: <http://www.embrapa.br/plantiodireto/>. Acesso em : 15/06/2012.

PONTELLI, C.B. **Caracterização da variabilidade espacial das características químicas do solo e da produtividade das culturas utilizando as ferramentas de agricultura de precisão**. 2006. 112f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

PÖTTKER, D.; BEN, J. R. Calagem para uma rotação de culturas no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 22, p. 675-684, 1998.

RALLY DA SAFRA 2006. Situação do plantio direto e da integração lavoura-pecuária no Brasil. **Agroconsult**, 2006. 25p.

REICOSKY, D.C.; LINDSTROM, M.J. Fall tillage method: effecton short term carbon dioxide flux from soil. **Agron. J.**, 85:1237-1243, 1993.

RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E. J. S.; KAMINSKI, J.; XAVIER, F. M. Aplicação superficial de calcário no sistema plantio direto consolidado em solo arenoso. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 263-268, 2000.

RHEINHEIMER, D.S. et al. Fósforo orgânico do solo. In: SANTOS, G.A.; CAMARGO, F.A.O. (Eds). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. p.139-157.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C. & SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.713-721, 1998.

RODRIGUES, T. E.; SILVA, R. C. das; SILVA, J. M. L da; OLIVEIRA JUNIOR, R. C. de; GAMA, J. R. N. F.; VALENTE, M. A. Caracterização e Classificação dos Solos do Município de Paragominas, Estado do Pará. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**. p.64, 2002.

RODRIGUES, T.E.; VALENTE, M.A.; GAMA, J.R.N.F.; OLIVEIRA JUNIOR, R.C. de; SANTOS, P.L. dos & SILVA, J.L. da. Zoneamento agroecológico do município de Paragominas, Estado do Pará. Belém: **Embrapa Amazônia Oriental**, 1999, 64p.

ROSOLEM, C.A.; CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S. Lixiviação de potássio da palha de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, p.355-362, 2003.

ROTTA, L. R. **Fracionamento e disponibilidade de fósforo em uma cronossequência de cultivos sob plantio direto**. Jotaí, 2012. 81f.: Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Goiás, 2012.

SÁ, J.C. de M. **Manejo da fertilidade do solo no plantio direto**. Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 96p.

SÁ, J. C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Trigo (Passo Fundo. RS). **Plantio direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT / FUNDACEP-FECOTRIGO /Fundação ABC. p. 37-60, 1993.

SÁ, J.C. de M. Plantio direto: transformações e benefícios ao agroecossistema. In: CURSO SOBRE MANEJO DO SOLO NO SISTEMA PLANTIO DIRETO, 1995, Castro. **Anais**. Castro: Fundação ABC, 1995. p.9-20.

SÁ, J.C. de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.R.G.; FAQUIM, V.; FURTINI NETO, A.E. e CARVALHO, J.G. (eds.). Interrelação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas. Lavras: **Sociedade Brasileira Ciências do Solo**, 1999. p.267-319.

SÁ, J. C M.; CERRI, C. C.; PICCOLO, M. C.; FEIGL, B. J. ; BUCKNER, J.; FORNARI, A.; SÁ, M. F. M.; SEGUY, L. ; BOUZINAC, S.; VENZEKE FILHO, S. P. O plantio direto como base de produção. **Revista Plantio Direto**. 84:45-61, 2004.

SALET, R. L. **Dinâmica de íons na solução de um solo submetido ao sistema plantio direto**. 1994. 111f. Dissertação (Mestrado em Solos) – Curso de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SALET, R. L.; ANGHINONI, I.; KOCHHANN, R. A. Atividade do alumínio na solução de solo do sistema plantio direto. **Revista Científica Unicruz**, Cruz Alta, v. 1, n. 1, p. 9-12, 1999.

SALTON, J.C.; HERNANI, L.C. Cultivos de primavera: alternativa para a produção de palha no Mato Grosso do Sul. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 10, 1994, Florianópolis. Resumos... Florianópolis: SBCS, 1994. p.248-149.

SANCHEZ, P. A. **Suelos del trópico: características y manejo**. San José: IICA, 1981. p. 634. (Libros y Materiales Educativos, 48).

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo. **Ciência Rural**, v.33, n.3, p.477-486, 2003.

SANTOS, H.P.; TOMM, G.O. Estudo da fertilidade do solo sob quatro sistemas de rotação de culturas envolvendo trigo em plantio direto. **Rev. Bras. Cienc. Solo**, Campinas, v.20p.407-414, 1996.

SIDIRAS, N.; PAVAN, N. A. Influência do sistema de manejo na temperatura do solo no nível. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, n. 3, p. 181-184, 1986.

SIDIRAS, N.; PAVAN, M. A. Influência do sistema de manejo do solo no seu nível de fertilidade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 9, n. 3, p. 249-254, 1985.

SILVA, F.M.; SOUZA, Z.M.; FIGUEIREDO, C.A.P.; MARQUES, J.J.; MACHADO, R.V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, v.37, n. 02, p.401-407, 2007.

SILVA, I. F.; MILNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 21, n. 2, p. 313-319, 1997.

SIQUEIRA NETO, M.; PICCOLO, M. C.; SCOPEL, E.; JUNIOR, C. C.; CERRI, C. C.; BERNOUX, M. Carbono total e atributos químicos com diferentes usos do solo no cerrado. **Acta Scientiarum Agronomy**. Maringá, v. 31, n. 4, p. 709-717, 2009.

SOUSA, D.M.G.; MIRANDA, L.N.; OLIVEIRA, S.A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.205-274.

SOUZA, Z.M.; MARQUES JUNIOR, J.; PEREIRA, G.T. Variabilidade espacial de atributos físicos do solo em diferentes formas de relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.28, n. 06, p. 937-944, 2004.

SOUZA, Z.M.; ALVES, M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa-MG, v. 27; n. 1, p. 133-139. 2003.

SPOSITO, G. **The chemistry of soil**. New York: Oxford University Press, 1989.277 p.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Efeitos do sistema de preparo e da rotação de culturas na porosidade e densidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.2, p.395-401, 2001.

SUDAM. Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. **Atlas climatológico da Amazônia Brasileira**. Belém, (Brasil, SUDAM. Publicação, 39). 125 p. 1984.

TANG, C.; RENGEL, Z.; DIATLOFF, E.; C. Response of whe atandbarley to liming on a Sandy soil with sub soil acidity. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 80, p. 235-244, 2003.

TOGNON, A. A.; DEMATTÊ, J. A. M.; MAZZA, J. A. Alterações nas propriedades químicas de Latossolos roxos em sistemas de manejo intensivos e de longa duração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21p. 271-278, 1997.

VELOSO, H.P.; RANGEL FILHO, A.L.R.; LIMA, J.C.A. 1991. **Classificação da vegetação brasileira adaptada a um sistema universal**. Departamento de Recursos Naturais e Estudos Ambientais / IBGE, Rio de Janeiro.

VIEIRA, M. J. Propriedades físicas do solo. In: IAPAR. **Plantio direto no Estado do Paraná**. Londrina: IAPAR, 1981. p.19-32.

WERNER, V. **Utilização de recursos de agricultura de precisão na geração de mapas de atributos, mapas de produtividade e aplicação de insumos a taxas variáveis**. 2004.125f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Rio Grande do Sul.

ZAMBROSI, F.C.B.; ALLEONI, L.R.F.; CAIRES, E.F. Liming and ionic speciation of an Oxisol under no-till system. **Scientia Agricola**, v.65. 2008.

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização do cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.42, n.2, p.257-262. 1999.