

**Avaliação das Propriedades
Físicas do Solo e Ocorrência
da Anomalia “Soja Louca II”
em Sistemas de Produção
Agrícola na Amazônia**



Dezembro, 2014

*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento

87 Embrapa Amapá
ISSN 1517-4867

96 Embrapa Amazônia Oriental
ISSN 1517-2228

Avaliação das Propriedades Físicas do Solo e Ocorrência da Anomalia “Soja Louca II” em Sistemas de Produção Agrícola na Amazônia

Luis Wagner Rodrigues Alves
Arystides Resende Silva
Gustavo Spadotti Amaral Castro

Embrapa Amapá
Macapá, AP
2014

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Amapá

Rod. Juscelino Kubitschek, km 05, nº 2600
CEP 68903-419, Macapá, AP
Caixa Postal 10. CEP 68906-970, Macapá, AP
Fone: (96) 4009-9500 / Fax: (96) 4009-9501
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações

Presidente: *Marcos Tavares-Dias*
Secretário-Executivo: *Aderaldo Batista Gazel Filho*
Membros: *Adelina do Socorro Serrão Belém, Eliane Tie Oba Yoshioka, Gustavo Spadotti Amaral Castro, Luis Wagner Rodrigues Alves, Rogério Mauro Machado Alves*

Embrapa Amazônia Oriental

Tv. Dr. Enéas Pinheiro, s/n. CEP 66095-903 – Belém, PA.
Caixa Postal 48. CEP 66017-970 – Belém, PA.
Fone: (91) 3204-1000 Fax: (91) 3276

Comitê Local de Publicação

Presidente: *Silvio Brienza Júnior*
Secretário-Executivo: *Moacyr Bernardino Dias-Filho*
Membros: *José Edmar Urano de Carvalho, Márcia Mascarenhas Grise, Orlando dos Santos Watrin, Regina Alves Rodrigues, Rosana Cavalcante de Oliveira*

Revisores Técnicos: *Adilson Lopes Lima – Embrapa Amapá*
Roni de Azevedo – Embrapa Amazônia Oriental

Supervisão editorial e normalização bibliográfica: *Adelina do Socorro Serrão Belém*

Revisão de texto: *Úrsula Stephanie Ferreira de Souza*

Editoração eletrônica: *Fábio Sian Martins*

Foto da capa: *Luis Wagner Rodrigues Alves*

1ª edição

Versão eletrônica (2014)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Amapá

Alves, Luis Wagner Rodrigues

Avaliação das propriedades físicas do solo e ocorrência da anomalia “Soja louca II” em sistemas de produção agrícola na Amazônia / Luis Wagner Rodrigues Alves, Arystides Resende Silva, Gustavo Spadotti Amaral Castro. – Macapá: Embrapa Amapá; Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014.

28 p. : il. -- (Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amapá ; ISSN 1517-4867, 87; Boletim de pesquisa e desenvolvimento / Embrapa Amazônia Oriental ; ISSN 1517-2228, 96).

1. Porosidade. 2. Densidade de plantio. 3. Planta de cobertura. 4. Plantio direto. 5. Doença de planta. I. Silva, Arystides Resende. II. Castro, Gustavo Spadotti Amaral. III. Título. III. Série.

CDD (21. ed.) 633.349409811

Sumário

Resumo	7
Abstract.	9
Introdução	11
Material e Métodos	14
Área de estudo	14
Análise dos dados.	16
Resultados e Discussão	17
Distribuição temporal.	18
Distribuição espacial	21
Conclusões	24
Agradecimentos	25
Referências	25

Avaliação das Propriedades Físicas do Solo e Ocorrência da Anomalia “Soja Louca II” em Sistemas de Produção Agrícola na Amazônia

*Luis Wagner Rodrigues Alves*¹

*Arystides Resende Silva*²

*Gustavo Spadotti Amaral Castro*³

Resumo

O objetivo deste estudo foi avaliar a relação de propriedades físicas do solo com a ocorrência da anomalia “Soja Louca II”. Foi utilizado a cultivar de soja BRS Sambaíba em Sistema Plantio Convencional (SPC) e Sistema de Plantio Direto (SPD), com ou sem plantas de cobertura. Em SPD foram usadas como planta de cobertura *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* (cv. Piatã), *Panicum* sp. (cv. Massai) e Pousio. Para a avaliação dos atributos físicos do solo foram amostradas três repetições para cada bloco, para um total de nove sub amostras em profundidades 0-10; 10-20; 20-30 e 30-50 cm. Foram avaliadas granulometria das partículas, densidade aparente e porosidade do solo. As avaliações de “Soja Louca II” foram realizadas atribuindo percentagem de ocorrência da anomalia em cada parcela. Os tratamentos de manejo

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Fitotecnia, pesquisador da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Solos e Nutrição de Plantas, pesquisador da Embrapa Amazônia Oriental, Belém, PA.

³ Engenheiro-agrônomo, doutor em Agricultura, analista da Embrapa Amapá, Macapá, AP.

em SPD apresentaram maior densidade do solo, maior microporosidade e menor macroporosidade em relação ao tratamento em SPC. A cultura da soja implantada e conduzida em SPC apresentou menor valor de densidade do solo e menor incidência de "Soja Louca II". A cultura de soja, conduzida em cultivo mínimo (Pousio), propiciou maior ocorrência de "Soja Louca II" em relação ao SPD e SPC. Há correlação positiva da ocorrência de "Soja Louca II" com a densidade do solo, e negativa com a macroporosidade do solo, evidenciando a necessidade do bom manejo do SPD, para minimizar as perdas ligadas a esta anomalia.

Palavras-chave: Porosidade, densidade, plantio direto, planta de cobertura, Paragominas.

Evaluation of Physical Soil Properties and Occurrence of Anomaly "Stay Green II" in Growth Systems in the Amazon

Abstract

*The aim of this study was to evaluate the relationship of physical soil properties with the occurrence of the anomaly "stay green II". It was utilized the BRS - Sambaíba soybean genotype in tillage system (TS) and no-tillage (NTS), with or without cover crops. In NTS were used as cover crop *Brachiaria ruziziensis*, *Brachiaria brizantha* (cv. *Piatã*), *Panicum sp.* (cv. *Massai*) and fallow. For the evaluation of soil physical properties were sampled three replicates for each block, for a total of nine sub samples at depths 0-10; 10-20; 20-30 and 30-50 cm. In these, were evaluated the particle size, the apparent density and porosity of the soil. Evaluations of "Soja Louca II" were conducted giving percentage of occurrence of anomaly in each plot. Management treatments in the NTS had higher bulk density, higher microporosity and macroporosity smaller in relation to treatment in TS. Soybean implemented and conducted in NTS the lowest bulk density and lower incidence of "stay green II". The soybean crop grown in reduced tillage (fallow) provided greater occurrence of "stay green II" in relation to NTS, which in turn was higher than TS. There is a positive correlation of "stay green II" occurrence with bulk density, and negative with the soil macroporosi-*

ty, highlighting the need for good management of no-tillage system to minimize losses related to this anomaly.

Index terms: Porosity, soil density, No-tillage, cover crop, Paragominas.

Introdução

A qualidade do solo é definida pela sua capacidade em desempenhar funções, dentro dos limites de ecossistemas naturais ou manejados, para sustentar a produtividade das plantas e dos animais, manter ou melhorar a qualidade da água e do ar, e dar suporte à saúde e habitação humanas. A qualidade do solo pode ser medida por meio da quantificação de alguns atributos físicos, químicos e biológicos, que possibilitem o monitoramento de mudanças, a médio e longo prazo, no estado de qualidade desse solo. Um dos desafios atuais da pesquisa é como avaliar a qualidade de um solo de maneira simples e confiável (DORAN; PARKIN, 1994).

O solo necessita de espaço poroso para o movimento de água, gases e resistência favorável à penetração das raízes, porém os diferentes sistemas de produção alteram suas propriedades físicas em relação ao solo não cultivado ou em monocultura. Essas alterações são mais pronunciadas nos sistemas convencionais de preparo do solo (SPC) do que nos conservacionistas, como o Sistema Plantio Direto (SPD), as quais se manifestam, em geral, na densidade do solo, volume e distribuição de tamanho dos poros e estabilidade dos agregados do solo, influenciando a infiltração da água, erosão hídrica e desenvolvimento das plantas.

Entretanto, mesmo em SPD há tendência de redução do espaço poroso, em virtude da ausência de movimentação do solo e contínuo tráfego de maquinário. Maria et al. (1999) constataram que acima de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$, em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na capacidade de campo, o que caracteriza estado de compactação do solo. Portanto, o estudo das características físicas em experimentos de longa duração e o efeito de diferentes sucessões de plantas se faz necessário, uma vez que as mesmas apresentam grande correlação, como é o caso da resistência à penetração, que é uma característica física utilizada para estabelecer o grau de compactação dos solos, sendo intimamente relacionada à umidade e densidade do solo. A porosidade total também é outra característica diretamente proporcional à macroporosidade e microporosidade (CASTRO et al., 2011).

Atualmente são conhecidos efeitos isolados de diferentes manejos e culturas de cobertura nos atributos físicos do solo. No solo, existem diversas inter-relações entre esses atributos que controlam os processos e os aspectos relacionados à sua variação no tempo e no espaço, de maneira que qualquer alteração no solo pode alterar diretamente a estrutura e sua atividade biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos na sua qualidade e na produtividade das culturas (CARNEIRO et al., 2009). As operações de manejo utilizadas na agricultura modificam as condições físicas do solo associadas à estrutura, afetando a sua capacidade de armazenamento e a disponibilidade de água, a aeração e a resistência à penetração, todas elas relacionadas ao desenvolvimento e à produtividade das culturas.

A dinâmica da água e do ar nos solos são compreendidos, segundo Amaro Filho (1982), Anderson e Bouma (1973), pela afirmação de que o tamanho dos poros é agronomicamente mais importante que a porosidade total, visto que, um solo com a mesma porosidade total, pode apresentar poucos macroporos ou microporos, alterando a qualidade física do mesmo. Deste modo, a determinação da distribuição dos poros na matriz do solo afeta as relações de drenagem e aeração, relacionando--se diretamente com o desenvolvimento e a produtividade das culturas (LETEY, 1985), estando a macroporosidade mais relacionada a aeração do solo e a microporosidade mais relacionada a disponibilidade hídrica.

Alguns cultivos de soja nas regiões norte do Mato Grosso, Tocantins, Maranhão e Pará e, mais recentemente no Amapá, estão apresentando uma anomalia denominada “Soja Louca II”. Em princípio, as plantas germinam com aparente normalidade e posteriormente apresentam os sintomas característicos. A planta de soja, acometida pela anomalia, não desenvolve flores normais, produz poucas vagens e apresenta grãos mal formados. Suas hastes permanecem verdes, com engrossamento e retenção foliar, não completando seu ciclo fenológico (Figuras 1 e 2), além disso, as folhas ficam encarquilhadas, semelhantemente aos sintomas de ataques por viroses (MEYER, 2010a; MEYER et al., 2010b).



Fotos: Luis Wagner Rodrigues Alves

Figura 1. Aparência do caule da soja, previamente desfolhado, com ocorrência de "Soja Louca II" (A) (engrossamento de entrenó, redução de floração e frutificação) e soja normal (B).



Foto: Luis Wagner Rodrigues Alves

Figura 2. Ocorrência de "Soja Louca II" em SPD à esquerda e em SPC à direita.

A perda na produtividade causada pela "Soja Louca II" pode chegar a 50%, principalmente em Santarém e Paragominas (MEYER, 2010a), fato que inviabiliza a atividade. Até o presente momento, a causa da anomalia

não foi esclarecida (MEYER et al., 2010). Em princípio, sugeriu-se que a "Soja Louca II" seria provocada pelo ácaro preto da subordem Oribatida (PAVEZI et al., 2010), mas isto não foi comprovado. Contudo, hipóteses têm sido testadas visando diagnosticar a causa desta anomalia, tais como: ataque de mosca branca, virose, disfunção mineral entre bases trocáveis (K, Ca, Mg), deficiência de boro, efeito residual de produtos fitossanitários (principalmente herbicidas), interação com plantas daninhas e plantas de cobertura, distúrbios fisiológicos e problemas relacionados à compactação do solo (GILIOLI et al., 2007; MEYER, 2011), sem que haja, até o presente momento, nenhum resultado conclusivo. Sabe-se que a anomalia é mais grave e se manifesta com maior intensidade em Sistema Plantio Direto, quando a dessecação das plantas de cobertura é feita próximo à data de plantio da soja ou quando há elevada infestação de plantas daninhas (MEYER, 2011). Corroborando com isso, os efeitos mais brandos da "Soja Louca II" na safra de 2010 deram suporte a estas suspeitas tendo o cenário desfavorável para a formação de palhada e proliferação de plantas invasoras na entressafra (MEYER, 2010a). Ainda, segundo esta fonte, em Santarém, o controle de insetos sugadores em estádio V5 e o controle de plantas daninhas de folha larga na cultura antecessora a soja diminuiu a ocorrência de "Soja Louca II". Contudo não há comprovação científica para este fato.

A maior ocorrência de relatos da anomalia "Soja Louca II" nas fronteiras agrícolas próximas às regiões amazônicas pode estar relacionada ao clima peculiar destas regiões. As elevadas precipitações durante a estação das águas, muito superior às relatadas nas regiões tradicionais, podem levar a problemas de oxigenação das raízes. Cultivos em SPD, aliados a inadequação de manejo, ausência de rotação de culturas ou cultivos de entressafra que busquem a produção de matéria seca de raiz e parte aérea para a elevação da qualidade do solo, podem levar a limitações físicas do solo, tendo como prejuízo a aeração e/ou drenagem do excedente hídrico. Estas limitações podem ser quantificadas com as avaliações de densidade e porosidade do solo.

A Soja Louca II é uma anomalia de causa e origem desconhecida e, portanto, é difícil estabelecer critérios específicos de tratamentos em

moldes científicos. Contudo, como a anomalia ocorre na região de Paragominas, PA, efetuamos o manejo padrão para implantação e condução da cultura nas diversas estratégias de manejo e avaliou-se o surgimento e evolução da “Soja Louca II”. Diante destes aspectos, esse trabalho teve como objetivo avaliar os atributos físicos do solo e a incidência da anomalia “Soja Louca II” associados aos sistemas de manejo (SPC e SPD) e à planta de cobertura utilizada.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido no período de janeiro de 2009 a julho de 2012, no campo experimental da Embrapa Amazônia Oriental em Paragominas, PA ($2^{\circ}59'58.37''$ S, $47^{\circ}21'21.29''$ O e altitude de 89 m). O clima é classificado como Aw, segundo Köppen, com médias anuais de precipitação, umidade relativa e temperatura, de 1.743 mm, 81% e $26,3^{\circ}\text{C}$, respectivamente. O balanço hídrico médio e a precipitação no período de cultivo são apresentados na Figura 3 e 4, respectivamente.

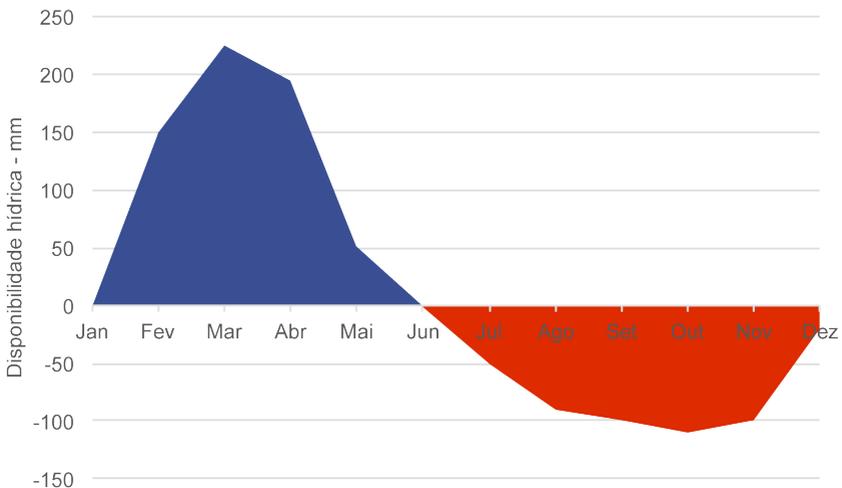


Figura 3. Balanço hídrico médio de Paragominas. Média de 23 anos. Paragominas, 2012.

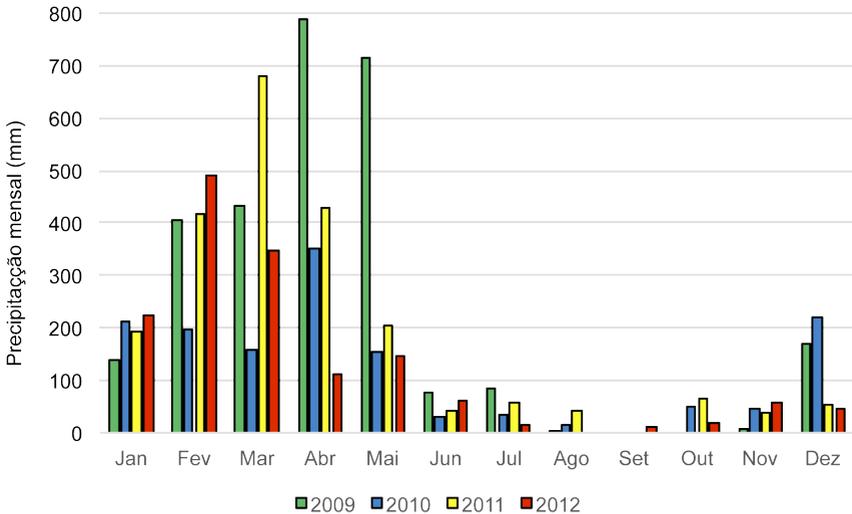


Figura 4. Precipitação pluvial mensal da área experimental em Paragominas, PA, 2012.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Amarelo tipo Argiloso e, originalmente cultivado no sistema convencional. A área experimental foi quimicamente corrigida com aplicação de calcário dolomítico (PRNT = 90%, CaO = 36% e MgO = 12%) buscando elevar a saturação por base a 60%, levando em consideração a camada de 0-20 cm, tomando como parâmetro o resultado da análise química (Tabela 1).

O experimento foi constituído por cinco tratamentos de manejo (Tabela 2), sendo um em sistema plantio convencional (T1) e quatro em sistema plantio direto (T2 a T5), variando-se a presença ou não de plantas de cobertura na entressafra. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições. As parcelas possuíam dimensões de 10 x 30 m, separadas entre si por 3 m na lateral e 10 m nas extremidades. A área útil foi constituída pelas quatro linhas centrais, desprezando 1 m nas extremidades.

A ação de pesquisa, do programa adaptação e desenvolvimento de sistemas de produção em consorciação sucessão e rotação, envolveu a implantação das culturas milho e soja e as plantas de cobertura

Brachiaria ruziziensis, *Brachiaria brizantha* cv. Piatã, *Panicum* sp. cv. Massai e Pousio.

Tabela 1. Resultado da análise química e granulométrica do solo coletado em 2008, da área em que o experimento foi instalado. Paragominas, PA.

Análise química										
Prof.	PH água	N g kg ⁻¹	P mg	K ⁺ dm ⁻³	Na ⁺	Ca ²⁺ cmol _c dm ⁻³	Mg ²⁺	Al ³⁺	H + Al	MO g kg ⁻¹
0-20	5,3	4,1	5	134	35	3,1	0,9	0,2	6,93	36
20-40	5,3	2,7	2	91	23	2,0	0,7	0,2	4,62	22
40-60	5,3	2,3	2	53	14	1,9	0,6	0,2	3,80	21
Análise granulométrica (g kg ⁻¹)										
Prof.	Areia			Silte			Argila			
0-20	45			255			700			
20-40	25			235			740			
40-60	28			132			840			
Análise física										
Prof.	Densidade Mg/m ³	Porosidade Total m ³ /m ³		Macroporosidade m ³ /m ³		Microporosidade m ³ /m ³				
0-20	1,05	61,7		33,9		27,8				
20-40	1,25	53,0		31,5		21,5				
40-60	1,23	53,6		32,7		20,9				

Tabela 2. Plano de sucessão e rotação de culturas. Paragominas, PA.

Tratamento	2011	2012	
	Safra	Entressafra	Safra
T1 – SPC	Milho	-	Soja
T2 – SPD RUZIZ	Milho	Ruziziensis	Soja
T3 – SPD PIATÃ	Milho	Piatã	Soja
T4 – SPD MASSAI	Milho	Massai	Soja
T5 – SPD POUSIO	Milho	Pousio	Soja

O plantio foi efetuado nas seguintes condições:

Cultura do milho – espaçamento de 0,70 m entre linhas com 4,5 plantas/m e adubação com 350 kg/ha da fórmula 10-28-20 e 250 kg/ha de ureia em cobertura.

Cultura da soja – espaçamento de 0,45 m entre linhas com 10 a 12 plantas/m e adubação com 350 kg/ha da fórmula 04-20-20 e quatro doses/ha de inoculante (*Bradyrhizobium japonicum*) com veículo turfoso.

O controle de pragas nas culturas foi efetuado da seguinte maneira:

a) Cultura do milho:

- Herbicida: 2,4 kg i.a./ha de alachlor EC e 2,4 kg/ha de atrazine em pós-emergência inicial das plantas daninhas.
- Inseticidas: 5 g i.a./ha de deltametrina e 29,4 g i.a./ha de tiametoxam + 21,2 g i.a./ha de lambda-cialotrina.
- Fungicida: tratamento de sementes na dose de 50 g i.a./ha de carboxina SC + 50 g i.a./ha de thiram SC.

b) Cultura da soja:

- Herbicida: imazethapyr na dose de 106 g i.a./ha; 96 g i.a./ha de clethodim e 20 g i.a./ha de chlorimuron.
- Inseticida: 5 g/ha de deltametrina e 29,4 g i.a./ha de tiametoxam + 21,2 g i.a./ha de lambda-cialotrina
- Fungicida: tratamento de sementes na dose de 50 g i.a./ha de carboxina SC + 50 g i.a./ha de thiram SC; 250 g i.a./ha de carbendazin e 66,5 g i.a./ha de piraclostrobina + 25 g i.a./ha de epoxiconazol.

A adubação de cobertura das parcelas com milho e semeadura a lanço das plantas de cobertura foi executada 18 dias após o plantio da cultura, com 6 kg/ha de *Brachiaria ruziziensis* (VC 50%), 10 kg/ha de *Brachiaria brizantha*, cultivar Piatã (VC 50%) e 6 kg/ha de *Panicum maximum*, cultivar Massai (VC 50%) nas entrelinhas das parcelas plantadas com milho, no tratamento de formação com plantas de cobertura do solo, com possibilidade de integração lavoura e pecuária. As plantas

de cobertura emergiram e se desenvolveram após a colheita do milho. Nos meses subsequentes, tradicionalmente secos na região, as plantas de cobertura ficaram estabilizadas e só voltaram a vegetar a partir da segunda quinzena de dezembro, com o retorno das chuvas.

As plantas de cobertura foram dessecadas com 806 g i.a./ha de 2,4-D dimetilamina CS e 2.268 g i.a./ha de glifosato-sal de isopropilamina. As plantas de *Brachiaria brizantha* cv. Piatã e *Panicum maximum* cv. Massai receberam aplicação sequencial com 1.941 g i.a./ha de glifosato-sal de isopropilamina, sete dias após a primeira.

A avaliação do solo foi realizada em junho de 2012, por meio de amostragem com três repetições em cada bloco perfazendo um total de nove amostras nas profundidades 0-10; 10-20; 20-30 e 30-50 cm nos seguintes tratamentos: T1 – SPC (Plantio Convencional); T2 – SPD RUZIZ, T3 – SPD PIATÃ, T4 – SPD MASSAI e T5 – SPD POUSSIO (Plantio Direto). Foram amostradas em cada tratamento três amostras indeformadas, para cada bloco em cada profundidade avaliada, utilizando o método de coleta de amostras de solo indeformadas descrito por Forsythe (1975), Blake e Hartge (1986) para análise das propriedades físicas do solo como granulometria, densidade aparente do solo, microporos, macroporos e porosidade total.

A análise granulométrica do solo foi obtida para cada profundidade pelo método da pipeta obtendo-se o teor de argila (g/kg), silte (g/kg) e areia (g/kg). A avaliação das características: densidade aparente do solo, microporos, macroporos e porosidade total foram realizadas utilizando-se a metodologia proposta por Claessen (1997).

Quatro avaliadores atribuíram valores percentuais de ocorrência da anomalia e a média destes resultados foi utilizada como valor efetivo de ocorrência para cada parcela. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância pelo teste de F e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de t (LSD) 5% de probabilidade. Foi realizado ainda o teste de correlação simples entre os atributos físicos do solo e a porcentagem de Soja Louca II.

Resultados e Discussões

Ao compararmos a densidade do solo (Ds) nos diferentes tratamentos, observamos que o tratamento T1 SPC apresentou a menor densidade na camada até 10 cm, em relação aos outros tratamentos em SPD. Isso se deve ao fato do T1 SPC ser preparo convencional, no qual o solo é movimentado, fato causador da menor Ds na camada superficial (0 a 10 cm). Na camada mais profunda (30 a 50 cm), o T5 – SPD POUSIO foi o que apresentou a menor Ds, diferindo dos demais tratamentos, possivelmente devido ao menor trânsito de máquinas, seja de preparo de solo, seja de semeadoras.

Quando comparamos as diferentes profundidades do solo, a Ds do T1 – SPC e T4 – SPD MASSAI, na profundidade de 0-10 cm, se diferenciou estatisticamente das outras profundidades as quais não diferiram entre si, apresentando aumento da Ds a partir da camada de 10-20 cm. Quanto ao T1 – SPC a compactação do solo na camada subsuperficial é causada pela movimentação do solo com grade. Com relação ao T4 – SPD MASSAI, esse fato pode estar atrelado a grande capacidade de produção de matéria seca na camada 0-10 cm, reduzindo a Ds comparativamente às demais profundidades. Os tratamentos T2 – SPD RUZIZ, T3 – SPD PIATÃ, T5 – SPD POUSIO não apresentaram diferença estatística quando comparados entre si nas diferentes profundidades (Tabela 3).

Tabela 3. Densidade do solo (Ds) de um Latossolo Amarelo localizado na Fazenda Poderosa no Município de Paragominas, PA.

TRATAMENTOS	Ds (Mg m ⁻³)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
	cm de profundidade			
T1 – SPC	0,98aA	1,16bA	1,20bA	1,20bB
T2 – SPD RUZIZ	1,16aB	1,18aA	1,18aA	1,20aB
T3 – SPD PIATÃ	1,16aB	1,16aA	1,18aA	1,18aB
T4 – SPD MASSAI	1,12aB	1,18bA	1,19bA	1,19bB
T5 – SPD POUSIO	1,09aB	1,16aA	1,16aA	1,13aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de t (LSD) ($p < 0.05$).

Os valores das Ds no Sistema Plantio Direto (SPD) indicaram efeito mais pronunciado do aumento da Ds em profundidade no T4 – SPD MASSAI, em que a Ds aumentou nas camadas abaixo de 0 a 10 cm. Estes resultados corroboram com os obtidos por Wood et al. (1993), os quais relatam que, as repetidas passadas dos rodados, aumentam a degradação da estrutura do solo em profundidade. Pode-se inferir, portanto, que a palhada do Massai ajuda e faz com que a camada superficial (0 a 10 cm) fique menos compactada do que os demais tratamentos em SPD.

Analisando apenas os valores de Ds, tais resultados indicam que os sistemas de manejo do solo utilizados nos cinco tratamentos não afetaram este atributo a ponto de torná-lo superior ao nível crítico (valor acima do qual o solo é considerado compactado). No entanto, para o nível crítico da densidade do solo, não existe consenso na literatura, visto que Camargo e Alleoni (1997) consideram crítico o valor de $1,6 \text{ Mg m}^{-3}$ em solos franco-argilosos a argilosos e Maria et al. (1999) constataram que acima de $1,2 \text{ Mg m}^{-3}$, em Latossolo Roxo, ocorre restrição ao desenvolvimento de raízes quando o solo estiver na capacidade de campo, o que caracteriza estado de compactação do solo. Com base na literatura, os resultados permitem concluir que os valores de porosidade e densidade do solo estão dentro do aceitável. Contudo, como os valores obtidos neste trabalho foram em Latossolo amarelo, com alto teor de argila, estes fatos reduzem a capacidade de troca de gases, alterando o ambiente das raízes, principalmente nas condições amazônicas em que ocorre grande índice pluviométrico, interferindo no desenvolvimento radicular, com potencial indução de distúrbios fisiológicos, o que pode ocasionar a anomalia denominada de "Soja Louca II", corroborando com Meyer (2010a).

Em relação aos tratamentos comparados na mesma profundidade, o volume total de poros (Tabela 4) teve o comportamento inverso ao da densidade do solo nos tratamentos avaliados, ou seja, quanto menor a densidade do solo, maior a porosidade total. Verifica-se que o tratamento T1-SPC apresentou maior valor de volume total de poros, na profundidade 0 a 10 cm, seguido do T5 – SPD POUSSIO, o que significa

uma maior aeração e infiltração de água no sistema, facilitando assim, o crescimento e desenvolvimento radicular das culturas. A maior quantidade de poros no tratamento T1-SPC certamente está relacionada à movimentação do solo.

Tabela 4. Volume total de poros (VTP) em diferentes estratégias de manejo agrícola, no Município de Paragominas, PA.

TRATAMENTOS	VTP (m ³ /m ³)			
	0-10	10-20	20-30	30-50
	cm de profundidade			
T1 – SPC	0,55bB	0,50aA	0,48aA	0,48aB
T2 – SPD RUZIZ	0,50aA	0,51aA	0,51aB	0,50aB
T3 – SPD PIATÃ	0,50aA	0,52aA	0,51aB	0,51aB
T4 – SPD MASSAI	0,49aA	0,49aA	0,49aB	0,49aB
T5 – SPD POUSIO	0,53aB	0,51aA	0,51aB	0,53aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste t (LSD) ($p < 0,05$).

A macroporosidade representa o total de poros responsáveis pela drenagem e aeração do solo (BRADY, 1979). Os resultados deste trabalho apresentaram distinção entre as profundidades no tratamento T1 – SPC, em que a profundidade de 0-10 cm apresentou a maior macroporosidade 0,25 m³/m³ (Tabela 5), que diferiu estatisticamente das outras profundidades, as quais não apresentaram diferença entre si. Observa-se que na profundidade 0-10 cm o T1 – SPC diferiu do T5 – SPD POUSIO o qual diferiu do T2 – SPD RUZIZ, T3 – SPD PIATÃ e T4 – SPD MASSAI, que apresentaram os menores valores de macroporosidade, sem diferença significativa entre si. Os resultados corroboram com Amaro Filho (1982) e Anderson e Bouma (1973), que destacam o papel do espaço poroso na dinâmica da água nos solos, os quais ressaltam que para se entender melhor o comportamento do solo, a distribuição dos poros por seus tamanhos é mais importante que a porosidade total. Deste modo a determinação da distribuição dos poros na matriz do solo afetam as relações de drenagem, aeração e temperatura, relacionando-se diretamente com o desenvolvimento e produtividade das culturas

(LETEY, 1985). Isto corrobora com o resultado verificado neste trabalho, em que os tratamentos com menor valor de macroporosidade apresentaram maior ocorrência da anomalia “Soja Louca II”.

Tabela 5. Macroporosidade (macro) e microporosidade (micro) do solo em diferentes estratégias de manejo agrícola, no Município de Paragominas, PA.

TRATAMENTOS	Macro (m ³ /m ³)				Micro (m ³ /m ³)			
	0-10	10-20	20-30	30-50	0-10	10-20	20-30	30-50
	cm de profundidade							
T1 – SPD	0,25bC	0,15aA	0,14aA	0,13aA	0,29aA	0,34bA	0,34bA	0,35bA
T2 – SPD RUZIZ	0,09aA	0,13aA	0,12aA	0,16aA	0,40aC	0,38aB	0,39aB	0,34aA
T3 – SPD PIATÁ	0,14aA	0,17aA	0,15aA	0,14aA	0,35aB	0,33aA	0,34aA	0,37aA
T4 – SPD MASSAI	0,13aA	0,14aA	0,14aA	0,15aA	0,36bB	0,34aA	0,34aA	0,36bA
T5 – SPD POUSSIO	0,19aB	0,16aA	0,17aA	0,18aA	0,34aB	0,34aA	0,34aA	0,35aA

Médias seguidas da mesma letra minúscula na linha não diferem entre si e médias seguidas da mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si, pelo teste de t (LSD) (p < 0,05).

Solos com valores de macroporos superiores a 0,10 m³/m³ são desejáveis para permitir as trocas gasosas e o crescimento das raízes das plantas, segundo Taylor e Ashcroft (1972). Os dados do presente trabalho mostram que os valores de macroporosidade são superiores a 0,10 m³/m³, exceto no T2 – SPD RUZIZ (0-10 cm), que apresentou valor de 0,09 m³/m³, fato que restringe a aeração do ambiente radicular das plantas de soja. O T2 – SPD RUZIZ caracteriza semeadura de soja sobre palha de *Brachiaria ruzizensis*, a planta de cobertura mais utilizada na região de Paragominas, PA, ambiente no qual se observa a ocorrência de “Soja Louca II” (ALVES et al., 2014). Com os presentes resultados, pode-se inferir que a anomalia denominada “Soja Louca II” ocorre predominantemente em solos sob manejo em SPD e cultivo mínimo, com maior densidade e menor macroporosidade e, no caso da região Norte, com alto índice pluviométrico no período de desenvolvimento vegetativo, fato que diminui a disponibilidade de oxigênio no ambiente explorado

pelas raízes, sem diferença entre os tratamentos com diferentes plantas de cobertura. Esta inferência vai ao encontro de informações de Meyer (2010), que observou menor índice de ocorrência da “Soja Louca II” na safra 2010, ano tipicamente mais seco (menor índice pluviométrico).

Com relação à microporosidade, também denominada poros capilares, que representam os poros responsáveis pela retenção da água no solo (BRADY, 1979), os tratamentos T2 – SPD RUZIZ, T3 – SPD PIATÃ e T5 – SPD POUSIO não apresentaram diferenças entre as profundidades em estudo (Tabela 5). Os tratamentos T1 – SPC e T4 – SPD MASSAI apresentaram diferenças significativas quando comparados entre as profundidades com menor microporosidade, o tratamento T1 – SPC na profundidade de 0-10 cm e o T4 – SPD MASSAI nas profundidades de 10-20 cm e 20-30 cm, as quais não apresentaram diferenças entre si. A menor microporosidade do tratamento T1 – SPC seria potencialmente prejudicial ao desenvolvimento da cultura, caso a mesma estivesse implantada em região que ocorresse déficit hídrico no período de cultivo, fato que praticamente não ocorre na área experimental.

Quando comparados os tratamentos, em relação a cada profundidade, houve diferenças significativas na microporosidade em relação aos tratamentos. A camada de solo, na profundidade 0-10 cm, na qual se concentra maior quantidade de raízes, foi a que apresentou maior alteração em função dos tratamentos, com microporosidade variando de 0,29 - 0,40 m³/m³. O tratamento T1 – SPC apresentou a menor microporosidade, significativamente diferente das demais, resultando plantas normais, com pequena ocorrência da “Soja Louca II”. O maior valor de microporosidade foi o do tratamento T2 – SPD RUZIZ que apresentou 0,40 m³/m³ sendo aquele com maior dificuldade de aeração. Os demais tratamentos em SPD (T3 – SPD PIATÃ, T4 – SPD MASSAI e T5 – SPD POUSIO), embora significativamente abaixo de T2 – SPD RUZIZ, também apresentaram alto valor de microporosidade. Tal fato prejudica a aeração do solo, principalmente em região com alto índice pluviométrico, interferindo no desenvolvimento radicular. Na profundidade de 10-20 cm e 20-30 cm somente o T2 – SPD RUZIZ diferenciou dos demais tratamentos apresentando os valores de 0,38 m³/m³ e 0,39 m³/m³,

respectivamente, enquanto que, na profundidade de 30-50 cm não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 5).

Para a variável incidência de "Soja Louca II", avaliada nos diferentes tratamentos, observou-se que no T5-SPC Pousio, houve cerca de 55% de ocorrência de "Soja Louca II", havendo maiores incidências em todos os tratamentos com SPD, diferindo do T1 - SPC com incidência de 7,5% de ocorrência, segundo avaliação visual (Figura 5). A ocorrência da "Soja Louca II", nos níveis apresentados em SPD, é prejudicial à colheita mecanizada, tornando-a inviável mesmo que ocorra algum tipo de dessecação química, corroborando com o relato de Meyer (2010a). O resultado de maior ocorrência de "Soja Louca II" no SPD com pousio (T5), desqualifica a suposição de que o problema ocorre em função de plantas de cobertura com maior volume de touceiras, mas corrobora com a possibilidade de que a compactação possa ser potencial indutor da anomalia.

Os resultados observados em relação a densidade do solo (Ds), porosidade (total, macro e microporosidade), podem indicar alguma relação com a incidência. Esta situação corrobora com os resultados da avaliação da percentagem de incidência de "Soja Louca II" (Figura 5), que apresentaram diferença significativa na avaliação de ocorrência da anomalia, entre o Sistema Plantio Convencional (SPC), confrontado com os tratamentos em Sistema Plantio Direto (SPD), que não diferiram entre si. O cultivo mínimo (T5 - SPD POUPIO) apresentou maior ocorrência de "Soja Louca II".

Objetivando melhor entendimento da ocorrência deste distúrbio em função dos atributos físicos do solo, foi realizado teste de correlação simples entre a ocorrência de "Soja Louca II", densidade e a porosidade (total, macro e micro) do solo. Observou-se que houve correlação significativa entre "Soja Louca II" com duas variáveis, sendo ela positiva com a densidade do solo (Figura 6) e negativa com a macroporosidade (Figura 7).

Notou-se maior ocorrência da anomalia em densidades superiores a $1,1 \text{ Mg m}^{-3}$. Por outro lado, observou-se que quanto maior a macroporo-

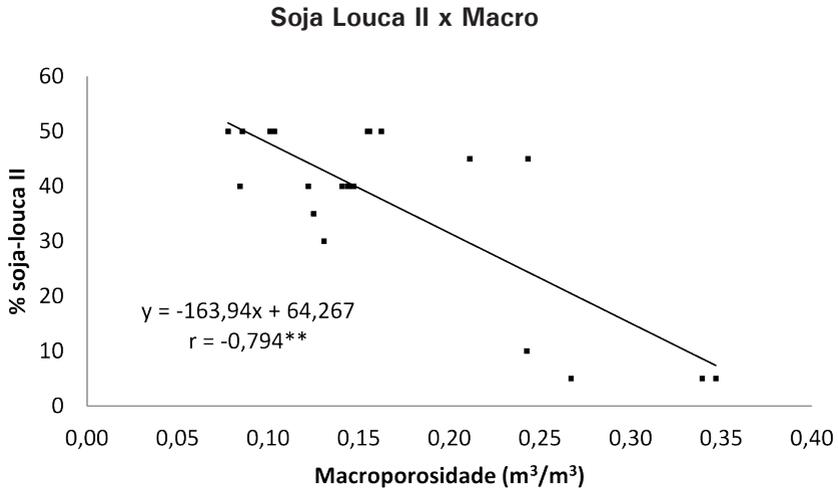


Figura 7. Correlação linear entre porcentagem de Soja Louca II e macroporosidade do solo. ** significativo ($p < 0,01$).

Considerações Finais

Os tratamentos de manejo em Sistema Plantio Direto, inclusive Pousio, apresentaram maior densidade do solo (Ds), maior microporosidade e menor macroporosidade em relação ao tratamento em Sistema Plantio Convencional.

O tratamento de manejo no quarto ano de plantio, em que a soja foi cultivada sobre palhada de *Brachiaria ruzizensis*, na profundidade 0-10 cm do solo apresentou valor de macroporosidade abaixo da referência, para que ocorram as trocas gasosas.

A cultura de soja conduzida em cultivo mínimo (Pousio) propiciou maior ocorrência de "Soja Louca II" em relação aos sistemas plantio direto e plantio convencional.

Há correlação positiva da ocorrência de "Soja Louca II" com a densidade do solo, e negativa com a macroporosidade do solo, evidenciando a

necessidade do bom manejo do Sistema Plantio Direto, para minimizar as perdas associadas a esta anomalia.

Sugerem-se mais estudos buscando a interação dos parâmetros físicos do solo com o desenvolvimento de pragas, doenças e nematoides, que podem desencadear a ocorrência de "Soja Louca II".

Referências

ALVES, L. W. R.; CARVALHO, E. J. M.; SILVA, L. G. T. **Diagnóstico agrícola do município de Paragominas, PA**. Belém, PA: Embrapa Amazônia Oriental, 2014. 26 p. (Embrapa Amazônia Oriental. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 91).

AMARO FILHO, J. **Determinação da condutividade capilar mediante o método do perfil instantâneo**. 1982. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Areias.

ANDERSON, J. L.; BOUMA, J. Relationships between saturated hydraulic conductivity and morphometric data of an argillic horizon. **Soil Science Society American Proceedings**, v. 37, n. 3, p. 408-413, 1973.

BLAKE, G. R.; HARTGE, K. H. Bulk density. In: KLUTE, A. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. v. 1, p. 363-375.

BRADY, N. C. **Natureza e propriedades dos solos**. 5. ed. São Paulo: Freitas Bastos, 1979. 647 p.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: Ed. dos Autores, 1997. 132 p.

CARNEIRO, M. A. C.; SOUZA, E. D. de; REIS, E. F. dos, PEREIRA, H. S.; AZEVEDO, W. R. de. Atributos físicos, químicos e biológicos de solo de Cerrado sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 1, p. 147-157, jan./fev. 2009.

CASTRO, G. S. A.; CALONEGO, J. C.; CRUSCIOL, C. A. C. Propriedades físicas do solo em sistemas de rotação de culturas conforme o uso de corretivos da acidez. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 2, p.1690-1698, dez. 2011.

CLAESSEN, M. E. C. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPS, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos, 1).

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: SYMPOSIUM DEFINING SOIL QUALITY FOR A SUSTAINABLE ENVIRONMENT, 1992, Minneapolis, USA. **Proceedings...** Madison: SSSA, 1994. cap.1, p. 3-21. (SSSA. Special Publication, 35).

FORSYTHE, W. **Física de suelos**: manual de laboratório. San Jose: IICA, 1975. 212p. il. (IICA. Libros y Materiales Educativos, 025).

GILIOLI, J. L.; PRINCE, P.; GILIOLI, B. L.; GILIOLI, A. L. Quais as causas da soja louca? In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 29., 2007, Campo Grande, MS. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 61. (Embrapa Soja. Documentos, 287).

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop productions. In: STEWART, B. A. (Ed.). **Advison soil science**. New York: Springer, 1985. v. 1, p. 277-294.

MARIA, I. C. de; CASTRO, O. M.; DIAS, H. S. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 3, p. 703-709, jul./set. 1999.

MEYER, M. C. Anomalia conhecida como Soja Louca II colabora para o avanço da ferrugem. **Notícias Agrícolas**, 18 fev. 2010a. Entrevista. Disponível em: <<http://www.noticiasagricolas.com.br/videos/entrevistas/62275-exclusivo-anomalia-conhecida-come-soja-louca-ii-colabora-para-o-avanco-da-ferrugem.html>>. Acesso em: 06 ago. 2012.

MEYER, M. C. Soja louca II pode estar ligada a plantas daninhas. **Portal Dia de Campo**, 08 fev. 2011. Entrevista concedida a Juliana Royo. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=23642&secao=Pacotes%20Tecnol%F3gicos>>. Acesso em: 06 de ago. 2012.

MEYER, M. C.; ALMEIDA, A. M. R.; GAZZIERO, D. L. P.; LIMA, D. **Soja louca II**: um problema de causa desconhecida. Londrina: Embrapa Soja, 2010b. 1 Folder.

PAVEZI, J. R.; KODAMA, E.; DEGRANDE, P. E. Verde e louca. **Revista Cultivar**, ano 12, n. 133, p. 28-31, jun. 2010.

TAYLOR, S. A.; ASHCROFT, G. L. **Physical edaphology** – the physics of irrigated and no irrigated soils. San Francisco: W. H. Freeman, 1972. 532 p.

WOOD, R. K.; REEDER, R. C.; MORGAN, M.T.; HOLMES, R. G. Soil physics properties as affected by grain cart traffic. **Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers**, v. 36, n. 1, p.11-14, 1993.



Ministério da
Agricultura, Pecuária
e Abastecimento



CGPE 11821