

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA
SOJA EM SISTEMAS DE PREPARO**

MAIARA PUSCH

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMAS DE PREPARO

MAIARA PUSCH

Engenheira Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez

Coorientador: Prof. Dr. Rouverson Pereira da Silva

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2018**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

P987c Pusch, Maiara

Compactação do solo e produtividade da soja em sistemas de preparo /

Maiara Pusch -- Dourados: UFGD, 2018.

31f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Jorge Wilson Cortez

Co-orientador: Rouverson Pereira da Silva

Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Geoestatística. 2. Mecanização agrícola. 3. Resistência a penetração. I. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

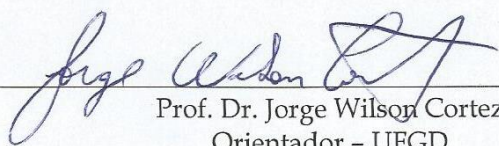
**COMPACTAÇÃO DO SOLO E PRODUTIVIDADE DA SOJA EM SISTEMAS DE
PREPARO**

por

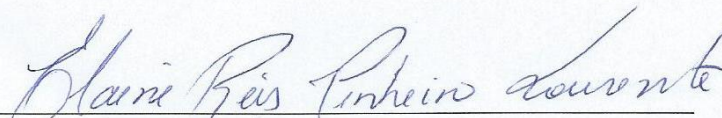
Maiara Pusch

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

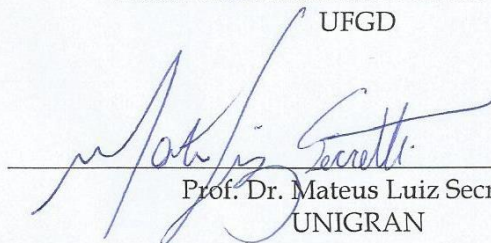
Aprovada em: 29/01/2018.



Prof. Dr. Jorge Wilson Cortez
Orientador - UFGD



Profa. Dra. Elaine Reis Pinheiro Lourente
UFGD



Prof. Dr. Mateus Luiz Secretti
UNIGRAN

**Aos meus pais Vera Lucia Kraemer Pusch e
Wilson Pusch, por me incentivarem na continuação
dos meus estudos e por todo apoio dado durante esse período.**

AGRADECIMENTOS

À Fundação Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD e ao programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da FCA, pela realização do curso de pós-graduação.

À CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento Pessoal de Nível Superior, pela concessão da bolsa.

Ao Prof Dr. Jorge Wilson Cortez pela orientação e todos os ensinamentos passados durante o período de mestrado.

Aos docentes do programa de Pós-graduação em Engenharia Agrícola-FCA- UFGD

Agradeço aos membros das bancas de qualificação Prof^a Dr. Anamari Viegas de Araujo Motomyia e Prof Dr.Valdiney Cambui Siqueira e aos membros da banca de Defesa Prof. Dr. Mateus Luiz Secretti e Prof. Dr^a. Elaine Reis Pinheiro Lourente considerações, discussões e sugestões.

A minha Avó Marly Dilken Kraemer (in memorian), por todo apoio dado a mim durante sua vida.

A Deus por me proporcionar o dom da vida e saúde para que eu possa conquistar meus objetivos.

Aos colegas de mestrados e dos colegas da graduação por toda ajuda na execução do experimento e demais atividades.

Aos meus amigos que estiveram sempre ao meu lado.

Meu muito obrigada!

Sumario

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	viii
1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	9
2.1 Aspectos econômicos da cultura da soja.....	9
2.2 Sistemas de preparo.....	9
2.3 Geoestatística	10
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Local.....	12
3.2 Delineamento experimental	13
3.3 Equipamentos e insumos.....	14
3.4 Avaliações	15
3.4.1 Porcentagem de cobertura do solo	15
3.4.2 Resistência à penetração e teor de água do solo	15
3.4.3 Estande de plantas e distribuição longitudinal.....	17
3.4.4 Produtividade de grãos.....	17
3.5 Análise dos dados.....	17
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
4.1 Porcentagem de cobertura	9
4.2 Resistência do solo à penetração.....	10
4.3 Estande e distribuição longitudinal	14
4.4 Produtividade de grãos	15
5 CONCLUSÕES	17
6 REFERÊNCIAS	18

PUSCH, M. **Compactação do solo e produtividade da soja em sistemas de preparo**. 31f. 2018. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS.

RESUMO

O manejo do solo pode influenciar na compactação do solo e, como consequência, na produtividade da cultura. Sendo assim, objetivou-se avaliar o efeito ocasionado pelos sistemas de preparo: sem preparo, gradagem média, escarificação, escarificação + gradagem média, escarificação cruzada + gradagem média, aração + duas gradagens, na compactação e atributos agronômicos da cultura da soja.. O trabalho foi realizado utilizando o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Foram avaliadas a porcentagem de cobertura do solo, a resistência à penetração para cada sistema de manejo nas camadas de 0,00-0,10 m; 0,10-0,20 m; 0,20-0,30 m; 0,30-0,40 m, a distribuição longitudinal de plântulas e produtividade da soja. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste de Scott- Knott a 5% de probabilidade. Foi realizada a análise de dependência espacial da resistência do solo à penetração. O sistema sem preparo proporciona a manutenção da palhada sobre o solo. A resistência à penetração apresentou diferença entre os manejos para todas as profundidades estudadas e mostrou também dependência espacial entre forte e moderada. A produtividade não diferiu para os diferentes manejos avaliados.

Palavras-chave: geoestatística, mecanização agrícola, resistência a penetração.

PUSCH, M. **Soil compaction and productivity of soybean in staging systems** 31f. 2018. Dissertation (MSc in Agricultural Engineering), Federal University of Grande Dourados, Dourados-MS.

ABSTRACT

Soil management can influence the soil compaction and, as a consequence, the productivity of the crop. Therefore, the objective to evaluate the effect caused by staging systems: without mobilization, medium harrow, scarification, scarification + medium harrow, cross scarification + medium harrow, conventional tillage, on compression and agronomic attributes of soybean culture.. The work was performed using random blocks design with four replications. We evaluated the percentage of soil cover, the resistance to penetration for each management system in layers of 0.0-0.10 m; 0.10-0.20 m; 0.20-0.30m; 0.30-0.40m, the longitudinal distribution of seedlings and soybean productivity. The data were submitted to variance analysis by Scott-Knott test at 5% probability. The analysis of spatial dependence of the soil resistance to penetration. The staging system provides the maintenance of straw on the ground. The resistance to penetration presented difference between the managements for all depths studied and also showed dependence between strong and moderate space. Productivity did not differ for the different managements assessed.

Keywords: geostatistics, agricultural mechanization, penetration resistance.

1 INTRODUÇÃO

A soja é uma das commodities mais produzidas e comercializadas pelo Brasil alcançando índices de maior produtor e processador da cultura, sendo um dos principais produtos de exportação. Seu consumo vai desde o in-natura até a produção de biodiesel, tendo inúmeras utilizações.

Segundo levantamento da safra brasileira de grãos 2016/17, divulgado pela CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), a produção foi de 113,923 milhões de toneladas em 33,889 milhões de hectares, sendo o estado de Mato Grosso do sul sendo responsável por 8,5 milhões de toneladas em uma área de 2,52 milhões de hectares cultivado (CONAB, 2017).

O preparo do solo envolve um conjunto de ações, que visam romper as camadas superficiais promovendo um ambiente favorável para desenvolvimento das plantas. No preparo utilizam-se tratores e implementos agrícolas, a fim de promoverem o rompimento do solo, incorporação de restos vegetais, destorroamento do solo proporcionando um terreno mais nivelado.

O preparo do solo é uma operação de grande importância para a instalação de uma cultura, quando realizado de forma incorreta pode influenciar em fatores como: germinação, desenvolvimento radicular afetando a produtividade, além de interferir em atributos físicos do solo como a compactação.

Uma das causas da compactação do solo é o uso excessivo de maquinários agrícolas. Segundo Valicheski et al. (2012) quatro passadas de trator já é suficiente para criar um ambiente em que a compactação do solo se torna restritivo para o desenvolvimento radicular da soja. Os tipos de manejo de solo podem interferir com diferentes intensidades na compactação. A resistência do solo à penetração é um impedimento diretamente ligado ao desenvolvimento de plantas (TORRES e SARAIVA, 1999).

Assim, objetivou-se avaliar o efeito ocasionado pelos sistemas de preparo na compactação do solo e produtividade.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos econômicos da cultura da soja

A produção de soja em grãos para a economia do Estado de Mato Grosso do Sul é de extrema importância (FAGUNDES et al., 2014). A justificativa é que, além de ter grande importância comercial no Estado, serve de insumo a produtos da indústria de transformação, que necessitam de outros setores econômicos para funcionar, como o de energia e transportes.

Na medida em que os setores agrícolas vão se especializando e se intensificando em capital, necessitam de um número menor de pessoas trabalhando diretamente, porém, de uma quantidade maior de insumos, o que acaba demandando mais pessoas para atuar em outras atividades, de modo que aquele excedente de mão-de-obra que inicialmente trabalhava diretamente nestes setores acaba se deslocando para outras atividades. Desta forma, tem-se um quarto papel da agricultura no desenvolvimento econômico sendo desempenhado, que é o de fornecer mão-de-obra para o incremento dos setores não-agrícolas (FIGUEIREDO et al., 2005).

A semeadura da soja consome em torno de 50% dos custos totais para produção (RICHETTI, 2013). Portanto deve ser uma atividade bem planejada em que os benefícios de uma semeadura de qualidade irão se refletir na colheita.

É necessário estabelecer práticas sustentáveis no âmbito econômico, social e ambiental, por meio do uso de novas tecnologias e manejos que permitem igual ou maior produção sem o aumento das áreas já cultivada (BORLACHENCO e GONÇALVES, 2017).

2.2 Sistemas de preparo

A utilização da mecanização na agricultura precisa ser acompanhada de técnicas que ocasionem a menor alteração possível na estrutura dos solos, permitindo uma sustentabilidade e evitando a sua degradação, diminuindo as movimentações de máquinas e equipamentos pesados, realizar a descompactação de solos compactados, utilizando sistemas de preparo conservacionistas (RICHART et al., 2005).

A conservação do solo e a redução da erosão no cultivo da soja estão associadas à adoção de sistemas de cultivo que não revolvam o solo, conservando a cobertura vegetal (ALMEIDA et al., 2016). O sistema de plantio direto, em que há a mobilização do solo apenas no sulco do plantio, é um sistema que requer menor consumo operacional de combustível em relação aos sistemas de cultivo mínimo e convencional (CORREIA et al., 2012).

A intensidade de compactação de cobertura do solo em sistemas de plantio direto esta relacionado com o tempo de adoção do sistema, manejos menos agressivos e adoção de rotação de cultura é prática que contribui para o acúmulo de matéria orgânica no solo constitui-se em alternativa eficaz para minimizar a compactação dos solos agrícolas (DOMIT et al., 2014).

As formas como se maneja o solo promovem alterações na resistência à penetração, tornando-se um importante indicativo da compactação dos solos cultivados (SANTOS et al., 2015). Mazurana et al. (2011) constataram que os sistemas de preparo do solo interferem em atributos físicos como a resistência a penetração, que aumentam seus valores com a profundidade e reduz com o aumento da mobilização do solo. Compactação é definida como aumento da densidade do solo provocado pelo arrançamento das partículas primária, causado pelas operações de cultivo ou pela pressão de veículos e implementos (BAVER et al., 1973).

A resistência à penetração é um indicador intermediário de compactação, não sendo uma medição física direta das condições do solo, pois é muito variável em função de outros fatores, principalmente com o teor de água e o tipo de solo. O levantamento histórico da compactação de um solo, utilizando a resistência à penetração, tem sido realizado com bastante sucesso, uma vez que os dados são levantados sempre no mesmo solo e, a cada ano, no período seco, quando o teor de água do solo é bastante homogêneo (LANÇAS, 2002).

2.3 Geoestatística

A presença de dependência espacial requer o uso de um tipo de estatística chamada geoestatística, que surgiu na África do Sul, quando Krige (1951), trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que não conseguia encontrar sentido nas variâncias, se não levasse em conta a distância entre as amostras.

É possível melhorar significativamente a profundidade e a precisão da análise dos dados quando se aplica a geoestatística. Nesse sentido, a geoestatística deve ser adotada como rotina em análises de dados, para possibilitar maior precisão científica nas recomendações (VIEIRA, 2000).

O alcance é um parâmetro importante quando se estuda a variabilidade espacial, indicando a distância máxima em que uma variável está correlacionada espacialmente garantindo que todos os vizinhos dentro de um círculo com esse raio são similares e podem ser usados para estimar valores para qualquer ponto entre eles não amostrado (MACHADO et al., 2007). O alcance da dependência espacial depende da variável que está sendo analisado, ao passo que medições pontuais, como a resistência a penetração, podem resultar em dependência espacial menor e devem ser amostradas em distâncias menores (GREGO e VIEIRA, 2005).

A krigagem é um interpolador que utiliza a geoestatística para realizar a interpolação, o que pode ser uma vantagem sobre os demais métodos, sendo que este tenta expressar tendências sugeridas pelos dados (MAZZINI e SCHETTINI, 2009).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O trabalho foi realizado na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias – FAECA, da Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD, localizada no município de Dourados, MS, Brasil. O local situa-se em latitude de 22°14’S, longitude de 54°59’W e altitude de 434 m. O clima é do tipo Am, monçônico, com inverno seco, e precipitação média anual de 1500 mm, e temperatura média de 22 °C (ALVARES et al., 2013). O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférrico, conforme (SANTOS et al, 2013). No Quadro 1 é apresentada a análise granulométrica do solo e densidade de partículas.

QUADRO 1. Granulometria e densidade de partículas (DP) do Latossolo Vermelho da Fazenda Experimental da UFGD, Dourados (2013).

Camadas (m)	Argila	Silte	Areia	DP
	-----%-----			g cm ⁻³
0,00-0,10	59,7	21,7	18,4	2,7
0,10-0,20	59,2	22,2	18,5	2,6
0,20-0,30	62,3	19,7	17,9	2,8
0,30-0,40	62,8	20,2	16,9	2,7
0,40-0,50	64,3	18,9	16,7	2,6
0,50-0,60	64,8	19,7	15,4	2,7

Fonte: RODRIGUES et al. (2017)

A área experimental foi conduzida por mais de 10 anos sob Sistema Plantio Direto até março de 2013. Antes da instalação deste experimento a área foi preparada com arado de discos (0,30 m de profundidade), seguido de gradagem média (0,15 m de profundidade), seguido de subsolagem com equipamento de 5 hastes (0,50 m de profundidade) e nova gradagem média(0,15 m De profundidade) para nivelar o terreno, foi realizada a correção da área com calcário dolomítico. Para estabelecer uma cultura de cobertura na área foi semeada aveia (60 sementes por metro a 0,04 m de profundidade e espaçamento de 0,20 m entre linhas) no dia 21 de maio de 2013, a qual posteriormente foi dessecada e manejada com triturador de palhas. Na safra 2013/2014, no verão, foi semeada a cultura da soja e na segunda safra de 2014, semeado a cultura do milho, sendo cultivado nessa ordem até à safra 2016/2017 onde foi semeada a cultura da soja, onde foram coletados os dados deste experimento.

Os dados meteorológicos durante o período de condução do experimento são provenientes da estação meteorológica da Embrapa Agropecuária Oeste (temperaturas) e os dados de chuva de um pluviômetro colocado na fazenda experimental da UFGD (Figura 1).

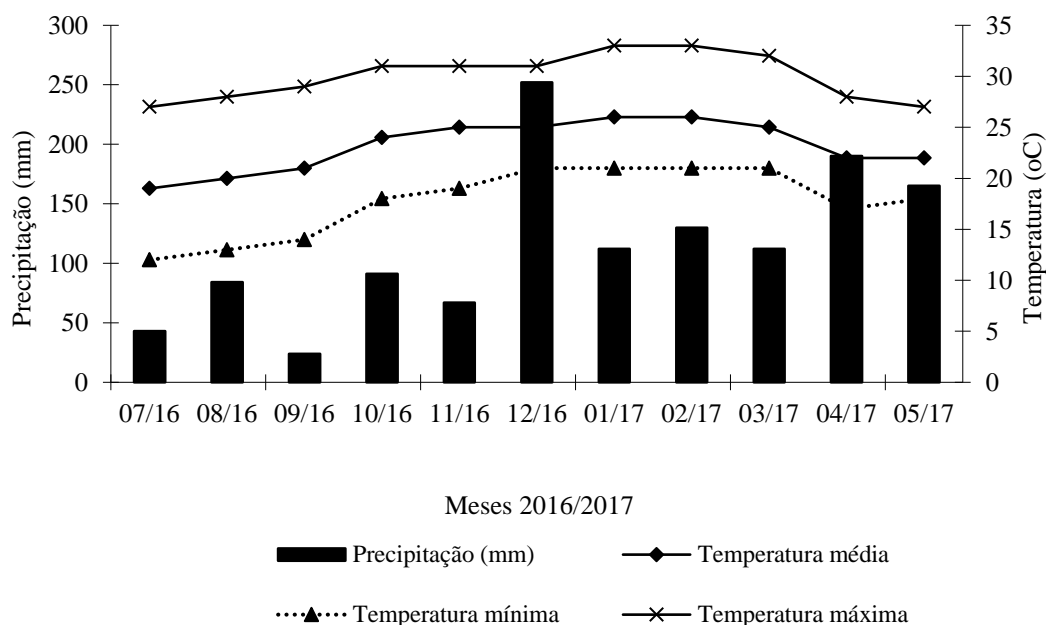


FIGURA 1. Dados meteorológicos mensais (precipitação pluviométrica obtido na fazenda experimental e temperatura obtida pela Embrapa Agropecuária Oeste) ano de 2016 a 2017.

3.2 Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com quatro repetições. Os tratamentos foram compostos por seis sistemas de manejo (Quadro 2): sem preparo (SP), uma gradagem média (GR), uma operação de escarificação (E), uma operação de escarificação e uma gradagem média (E+GM), escarificação cruzada e uma gradagem média (EC+GM) e uma operação de aração e duas gradagens médias (A+2GM). As operações foram realizadas antes da instalação da cultura de verão.

Cada parcela experimental ocupou uma área de 15 m x 20 m (300 m²). No sentido longitudinal entre as parcelas, foi reservado um espaço de 12 m, destinado à realização de manobras, tráfego de máquinas e estabilização dos conjuntos.

QUADRO 2. Tratamentos com suas respectivas operações e profundidades.

Tratamentos	Número de operações	Profundidade (m)
SP	Sem preparo	0 - 0,05
GR	Uma gradagem média	0,15
E	Uma escarificação	0,35
E+GM	Uma escarificação e uma gradagem média	0,35 e 0,15
EC+GM	Duas escarificações cruzadas e uma gradagem média	0,35 e 0,15
A+2GM	Uma aração e duas gradagens	0,35 e 0,15

3.3 Equipamentos e insumos

Os insumos e equipamentos utilizados estão descritos nos quadros 3 e 4, respectivamente.

QUADRO 3. Dados dos insumos agrícolas utilizados na semeadura.

Safrá soja 2016/17	
Variedade	M6410 IPRO
Data	01/11/2016
Adubo (N-P-K)	8-20-20
Dose (kg ha ⁻¹)	300
Herbicida	Glyphosate; 2.4D; Roundup transorb; Select one pack
Inseticida	Cruiser 350 fs; Acefato nortox
Fungicida	Standak top; Apron rfc; Aproach prima

QUADRO 4. Dados dos equipamentos agrícolas utilizados durante a condução das safras agrícolas 2016/2017.

Equipamento	Marca	Modelo	Especificações
Trator 1	New Holland	8030 4x2 TDA	89,79 kW(122cv), 2200 rpm
Trator 2	Massey Ferguson	Mf 2922 4x2 TDA	67,71 kw (92 cv, 2400 rpm)
Semeadora	Baldan Solografic	Directa - 15998	Semeadora-adubadora pneumática 7 linhas
Grade	Baldan	NVCR	Média tipo off-set, arrasto, 20 discos de 20", profundidade de 0.15m.
Escarificador	Santa Isabel	Strondo	5 hastes, ponteira estreita 0,08 m de largura, profundidade de 0,35 m
Arado	Baldan	AF	4 discos com diâmetro 28", profundidade de 0,30 m
Pulverizador	JACTO -Condor	Modelo: 12175	Serie: 200L

3.4 Avaliações

3.4.1 Porcentagem de cobertura do solo

A porcentagem de cobertura do solo por palha e por planta, após a semeadura, foi obtida utilizando um fio de cobre encapado com 7,5 m de comprimento e com marcações equidistantes de 0,15 m resultando em 50 pontos de leitura conforme metodologia adaptada por Laflen et al. (1981), assim na parcela efetuou-se a leitura em forma de “X”, resultando em 100 pontos, no qual cada ponto corresponde a 1%, de forma a porcentagem resultasse em 100%, a leitura foi realizada de forma que ao esticar o fio era contabilizada o atributo em que o ponto correspondia, sendo solo exposto, palha ou planta de soja (Figura 2).

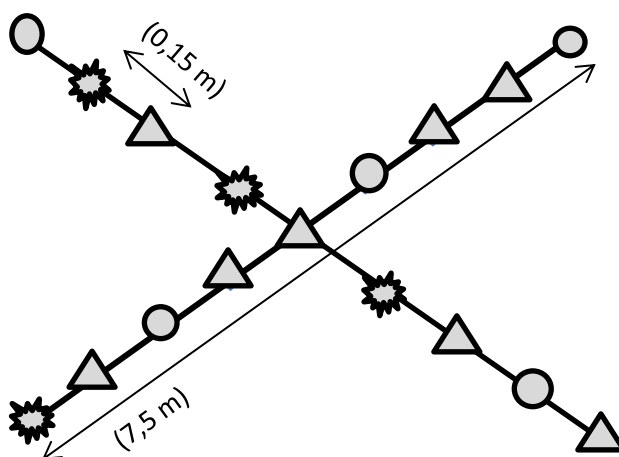





FIGURA 2. Ilustração da metodologia utilizada para determinação da porcentagem de cobertura do solo.  = palha;  = solo exposto  = Planta de soja.

3.4.2 Resistência à penetração e teor de água do solo

Coletou-se dados da resistência do solo à penetração (RP), por meio de um penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf, adaptado pela KAMAQ (STOLF et al., 2011), com as seguintes características: massa de 4 kg com impacto em curso de queda livre de 0,40 m; cone com 0,0128 m de diâmetro e ângulo sólido de 30°; e haste com diâmetro aproximado de 0,01 m.

Com o intuito de identificar zonas de maior RP no perfil após o tráfego, foram coletados dados a cada 0,225 m de largura x 0,10 m de profundidade dentro da

faixa de tráfego (cinco linhas da semeadora), totalizando 32 pontos amostrais (Figura 3). Os dados de RP foram coletados até a profundidade de 0,40 m, coletados e analisados na linha e entrelinha de semeadura para cada sistema de manejo.

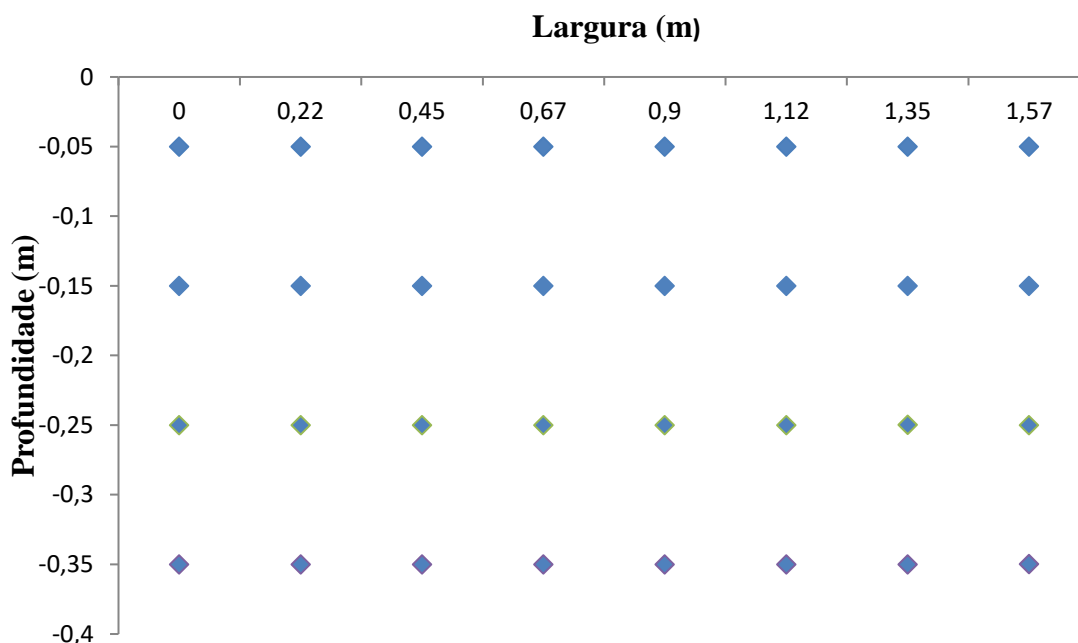


FIGURA 3. Esquema da grade amostral do perfil do solo para coleta da resistência à penetração.

Foram retiradas amostras deformadas de solo nas camadas de 0,0-0,10; 0,10-0,20; 0,20-0,30 e 0,30-0,40 m de profundidade, de modo aleatório nas parcelas totalizando 24 amostras compostas, para determinar o teor de água do solo após secagem em estufa, por 24 h a 105 °C. Sendo determinado pelo método gravimétrico. Com os dados apresentados no quadro 5.

QUADRO 5. Dados do teor de água do solo no momento de coleta da resistência à penetração.

Camadas (m)	Teor de água (%)
0,00-0,10	19,32
0,10-0,20	19,15
0,20-0,30	19,15
0,30-0,40	19,25

3.4.3 Estande de plantas e distribuição longitudinal

Para avaliação do estande de plantas foi medido com uma trena o número de plantas existente em uma fileira central com dois metros de comprimento, sendo os resultados expressos em plantas por hectare.

Na avaliação de distribuição longitudinal ou uniformidade de espaçamentos entre plântulas foi realizado leituras com a utilização de uma trena em oito fileiras de cada parcela. A porcentagem de espaçamentos normais, falhos e duplos foi obtida de acordo com as normas da ABNT, citada por Kurachi et al. (1989) considerando-se porcentagens de espaçamentos: "duplos" (D): $<0,5$ vezes o X_{ref} . espaçamento de referência, normais" (A): $0,5 < X_{ref} < 1,5$, e "falhos" (F): $> 1,5$ o X_{ref} . O espaçamento médio de referência foi de 0,10 m. Ou seja, valores menores que 0,05 m foram considerados duplos e valores de espaçamentos acima de 0,15 m foram considerados falhos.

3.4.4 Produtividade de grãos

Para análise de produtividade de grãos foram coletadas duas fileiras de plantas por parcela, com 4 metros de comprimento cada, após a coleta as plantas foram trilhadas (máquina estacionaria- trilhadora) e as massas de cada parcela foram aferidas separadamente. Os valores obtidos foram corrigidos para 13% de teor de água obtendo-se a produtividade.

3.5 Análise dos dados

A análise dos dados foi realizada pela análise de variância e posteriormente, quando significativo, com o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para comparação de médias dos dados de solo e planta sendo: porcentagem de cobertura vegetal, resistência à penetração pontual, estande de plantas, distribuição longitudinal e produtividade.

A análise da dependência espacial da resistência do solo á penetração foi realizada por meio da Geoestatística. O ajuste do modelo matemático para os semivariogramas de cada variável forneceu os parâmetros: Efeito Pepita (C_0), Patamar

($C_0 + C$) e Alcance (A). O efeito pepita é o valor da semivariância para distância zero e representa o componente da variação ao acaso; o patamar é o valor da semivariância em que a curva estabiliza sobre um valor constante; o alcance é a distância da origem até onde o patamar atinge valores estáveis, expressando a distância além da qual as amostras não são correlacionadas (VIEIRA et al., 1983). A classificação do índice de dependência espacial (IDE) foi realizada com base na razão entre o efeito pepita e o patamar ($C_0/C_0 + C_1$), sendo considerada forte para IDE superior de 75 %, moderada para IDE entre 25 e 75 % e fraca para IDE inferior a 25 % (CAMBARDELLA et al., 1994). A seleção dos modelos foi realizada com base na menor soma de quadrados do resíduo (SQR) e melhor coeficiente de determinação (R^2).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Porcentagem de cobertura

Observa-se que todos os atributos estudados para cobertura vegetal (Quadro 6) diferiram em função do manejo de solo. O que apresentou melhor conservação da palhada sobre o solo foi o SP (sem preparo) com 75,75 % de palha, devido que neste sistema a mobilização do solo se realiza apenas na linha de semeadura, mantendo assim a quantidade de palha sobre o solo.

QUADRO 6. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para os atributos de porcentagem de cobertura vegetal.

Tratamentos	Cobertura vegetal (%)		
	Por palha	Por solo exposto	Por planta de soja
SP	75,75 a	19,75 c	4,50 b
GR	61,5 b	31,25 b	7,25 b
E	56,75 b	35,75 b	7,50 b
E+GM	48,75 c	41,00 b	10,25 a
EC+GM	34,50 d	54,00 a	11,25 a
A+2GM	33,00 d	55,25 a	11,75 a
Teste F	31,91**	17,47**	4,06*
C.V. (%)	11,27	16,59	31,80

*: significativo ($p < 0,05$); **: significativo ($p < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Sem preparo (SP); gradagem média (GR); escarificador (E); e escarificado + gradagem média (E+GM); escarificado cruzado + gradagem média (EC+GM) e Aração + duas gradagens média (A+2GM).

Os sistemas menos eficientes na questão de conservação da palha foram os tratamentos EC+GM – escarificado cruzado e gradagem média (34,5%) e A+2GM – aração e duas gradagens média (33%) (Quadro 6), em que há maior mobilização do solo incorporando a cobertura vegetal e conseqüentemente, reduzindo a quantidade de palha sobre o solo. Conseqüentemente esses sistemas apresentaram maiores índices de solo exposto, com valores de 55,25% e 54%, respectivamente. Em contrapartidas estes apresentam maiores índices de plantas de soja juntamente com o E+GM – escarificado e gradagem média. O sistema com maior mobilização do solo promove um melhor desenvolvimento inicial da soja do que em sistemas onde não há o preparo do solo, como observado no SP (4,5%), GR (7,25%) e E (7,5%), que apresentaram os menores índices

de planta de soja. Os sistemas de manejo que promovem a menor mobilização do solo mantem maiores porcentagem de palha sobre o solo, os quais demandam menor gasto energético ao sistema produtivo (MAZZURANA et al 2011).

4.2 Resistência do solo à penetração

Observou-se por meio da análise de variância que os manejos de solo diferiram aos níveis de 5% e/ou 1% (Quadro 7) para a resistência do solo à penetração (RP). Analisando a camada superficial (0,0-0,10 m) onde ocorre o desenvolvimento inicial da semente de soja, pode se perceber o benefício que o sistema de escarificação promove no solo, em que todos os tratamentos que tiveram no preparo o uso de escarificador obteve os menores valores de RP, sendo E (1,92 MPa), E+GM (2,06 MPa) e EC+GM (1,85MPa). Os demais sistemas de preparo nessa camada obtiveram valores próximos e/ou superiores considerados restritivos para desenvolvimento radicular conforme estudos realizados por Moraes et al. (2014) em que se deve considerar como limite crítico para desenvolvimento de plantas os valores de 3,5 Mpa para sistemas de plantio direto, 3 MPa para sistemas com mobilização mínima e para os sistemas convencionais 2MPa. Sendo SP (3,48 MPa), GR (4,11MPa) e A+2GM (3,25 MPa).

QUADRO 7. Síntese da análise de variância e do teste de médias para resistência do solo à penetração (RP) (MPa).

Manejo (M)	Camadas (m)			
	0,0-0,10	0,10-0,20	0,20-0,30	0,30-0,40
SP	a	a	a	a
GR	a	a	a	b
E	b	b	b	b
E+GM	b	b	b	b
EC+GM	b	b	c	b
A+2GM	a	a	a	a
Teste F	8,81**	7,63**	10,53**	3,89*
C.V. (%)	23,21	19,87	11,59	6,45

*: significativo ($p < 0,05$); **: significativo ($p < 0,01$); C.V.: coeficiente de variação. Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. sem preparo (SP); gradagem média (GR); escarificador (E); e escarificado + gradagem média (E+GM); escarificado cruzado + gradagem média (EC+GM) e Aração + duas gradagens média (A+2GM).

A camada de 0,10-0,20 m apresentou os menores valores também para os tratamentos em que foram realizadas operações de escarificação (Quadro 7). Na camada

de 0,20-0,30 m o sistema que apresentou uma melhor eficiência sobre os demais foi o EC+GM (3,92 MPa), A escarificação sendo cruzada acaba proporcionando várias trincas no perfil do solo e juntamente com a gradagem proporciona um solo mais aerado e menos compactado. Analisando a camada de 0,30-0,40 m nota-se que os SP (6,18 MPa) e A+2GM (6,45 MPa) apresentaram valores de RP muito elevados diferindo dos demais.

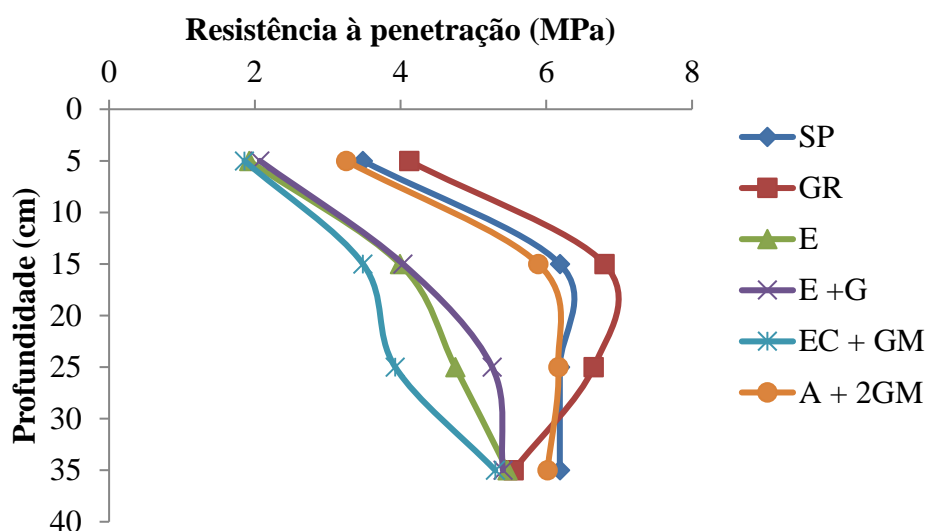


FIGURA 4. Valores de resistência à penetração em profundidade e por tratamento. Sem preparo (SP); gradagem médias (GR); escarificador (E); e escarificado + gradagem médias (E + GM); escarificado cruzado + gradagem médias (EC + GM) e Aração + duas gradagens médias (A + 2GM).

Para o SP e A+2GM, os manejos apresentaram um valor crescente de RP, atingindo valores superiores a 6 MPa até a camada de 0,10-0,20 m (Figura 4), e nas camadas seguintes mantiveram os valores de RP, próximo a 6,0 MPa, levando em consideração que o SP está a 4 anos no sistema de semeadura direta, e que o A+2GM foi realizado o preparo do solo 4 meses antes da coleta de RP, desse modo pode-se notar que o sistema de semeadura direta conserva a estrutura física do solo, mantendo valores de RP próximos a um sistema onde houve total revolvimento do solo. Para o E+GM e E os valores de RP foram gradativamente aumentando até a última camada estudada, passando de 4,0 MPa a partir de 0,15 m, o EC+GM apresentou os menores valores de RP em todas as camadas quando comparado aos demais. Visualiza-se dois agrupamentos ao longo do perfil do solo (Figura 4), sendo os E, E+GM e EC+GM com o escarificador, o que acarreta em menor compactação do solo quando comparado com sistemas não utilizam escarificador como nos manejos SP, GR e A+2GM. Sistemas com escarificação promovem redução de RP comparados aos sistemas convencionais, sem preparo e

gradagem. A prática de escarificação promove uma melhoria da estrutura do solo, com um efeito residual de até dois anos e meio, mediante intervenção mecânica em solo manejado sob plantio direto (DRESHER et al., 2012), Camara e Klein (2005) constataram também que seis meses após realizada a operação de escarificação ainda havia diferença significativa entre os manejos, constatando os benefícios do implemento. No entanto Nicoloso et al. (2008) constataram que o efeito da escarificação mecânica em um Latossolo de textura muito argilosa, em época de elevada precipitação, é temporária, não constatando melhorias nas condições físicas após nove meses.

O GR, apresentou valores crescente até a camada de 0,10-0,20 m ($> 6,0$ MPa), Quadro 7 e Figura 4, e após essa camada os valores de RP foram decrescendo, mas ainda elevados. Considerando a profundidade de trabalho em que foi realizado o manejo com a grade (0,15 m) o alto valor obtido para RP pode ser em decorrência de um possível espelhamento ocasionado pela profundidade de trabalho. Quando comparado com os demais tratamentos o sistema de gradagem (GR) nos mostra que dentre os sistemas de preparo obteve o pior desempenho, tendo obtido em todas as camadas os maiores valores de RP. Panachuki et al. (2011) estudando perda de solo e água em sistemas de manejo observaram que o uso de grade apresenta as maiores perdas de solo e água se comparado com o uso do escarificador. Sendo assim mais uma vantagem da escarificação.

Avaliando a dependência espacial da RP para cada tratamento separadamente, observou que o GR (Quadro 8), não houve ajuste, observando efeito pepita puro, não sendo possível gerar a espacialização, para os demais tratamentos houve predominância do modelo esférico.

Campos et al. (2014), estudando a variabilidade espacial em sistema agroflorestal também encontraram dependência em todas as camadas avaliadas, com predominância do modelo esférico e um grau moderado. Os valores de alcance obtidos foram 83 cm (SP), 40 cm (E), 39 cm (E+GM), 42 cm (EC+GM) e 10 cm (A+2GM), Quadro 8. O alcance de dependência espacial é um parâmetro importante no estudo do semivariograma e define a distância máxima que uma variável está correlacionada espacialmente (SILVA et al., 2017). Os tratamentos A+2GM, E, E+GM e EC+GM obtiveram uma forte dependência espacial, no entanto o SP obteve uma moderada dependência espacial, resultado também obtido por Cortez et al. (2017) que estudando a dependência espacial da resistência a penetração em um Latossolo vermelho distrófico também encontraram uma moderada dependência espacial.

QUADRO 8. Dados do semivariograma para valores de resistência à penetração para os sistemas de manejo.

Blocos						
	SP	GR	E	E+GM	EC+GM	A+2GM
Semivariograma						
Modelo	Esf	-	Esf	Esf	Esf	Esf
Co	0,29	-	0,001	0,20	0,01	0,001
Co + C	4,76	-	2,913	3,06	3,42	2,83
Alcance	83	-	40	39	42	10
Avaliação de dependência espacial (ADE)						
ADE	0,75	-	1	0,93	0,99	1
Classe	Moderado	-	Forte	Forte	Forte	Forte
Validação cruzada						
VC	0,81	-	1,19	1,31	1,01	0,99
Reta	F	-	F	F	F	F

Co: efeito pepita; Co+C: Patamar. Alcance (cm). ADE = avaliador da dependência espacial. F: reta fechada (>0,8). VC= validação cruzada.

O perfil especializado da RP no A+2GM, apresenta valor menor que 4,0 MPa apenas superficialmente, tendo a maior parte do perfil valores de RP entre 4,0 e 6,0 MPa, em que observa-se alguns pontos com valores entre 6,0 e 8,0 MPa de forma aleatória, não evidenciando um perfil de solo contínuo (Figura 5). Devido ao fato deste sistema de preparo (A+2GM) desestruturar totalmente o solo, não foi possível identificar um perfil contínuo. No entanto, Cortez et al. (2017) observaram camada contínua para RP no sistema plantio direto (> 10 anos) até a camada de 0,30 m, podendo atribuir ao fato dos valores serem cumulativos ao longo do tempo nesse preparo. Nos tratamentos E, E+GM e EC+GM pode se observar um perfil de solo contínuo da RP, verifica-se camadas superficiais formadas com valores de até 4,0 MPa, e abaixo de 0,20 m observa-se valores de RP > 4,0 MPa, evidenciando compactação em profundidade conforme valores estipulados por Morães et al. (2014). Pode afirmar também que o sistema com escarificação foi eficaz em manter a compactação abaixo do limite crítico até 0,20 m, quando trabalhou a 0,35 m de profundidade.

Largura (cm)

Largura (cm)

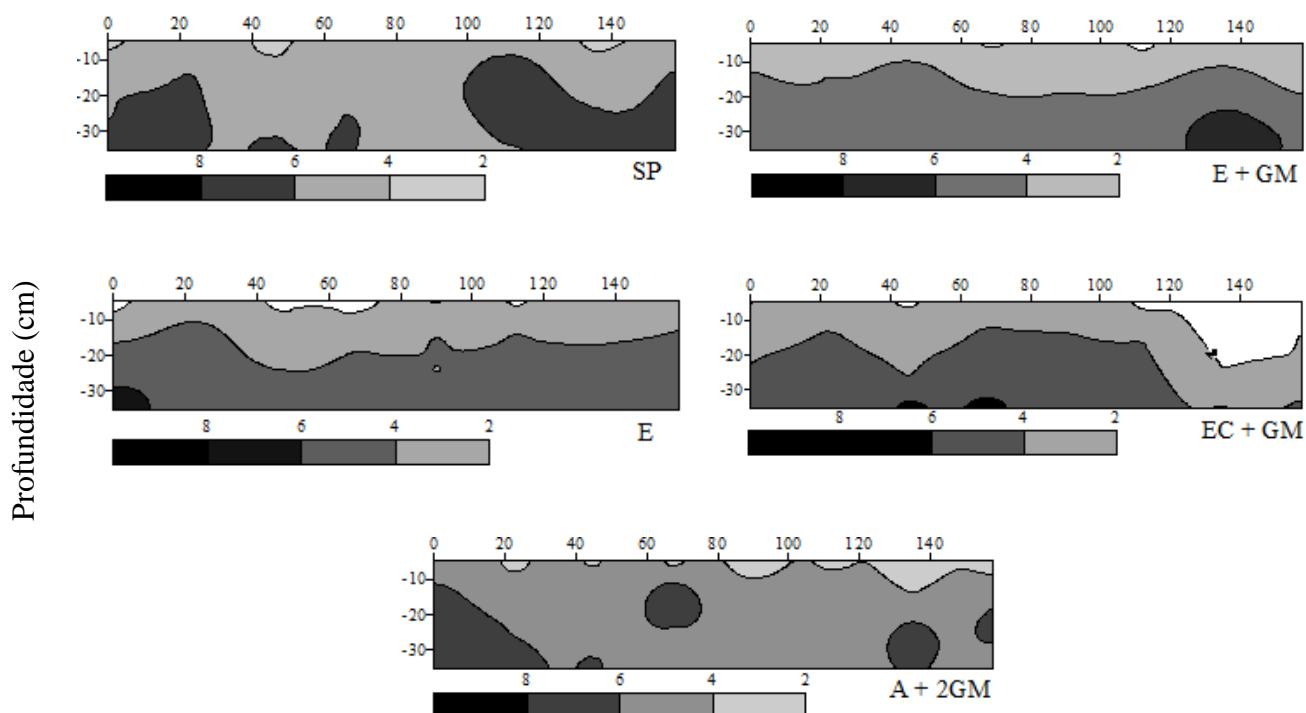


FIGURA 5. Espacialização da compactação do perfil do solo (Mpa) para os sistemas de manejo. Sem preparo (SP); escarificado (E); e escarificado + gradagem média (E +GM); escarificado cruzado + gradagem média (EC + GM) e Aração + duas gradagens média (A + 2GM).

4.3 Estande e distribuição longitudinal

O GR e A+2GM apresentaram efeito significativo sobre os demais preparos do solo para o estande de plantas, sendo 10,96 e 10,28 respectivamente (Quadro 9). O fato destes tratamentos terem apresentado maiores estandes pode estar correlacionado ao fato dos mesmos tratamentos terem apresentado numericamente a maior incidência de espaçamentos duplos (12,31% e 10,21%, respectivamente).

A distribuição longitudinal não apresentou efeito significativo para os espaçamentos normal e falho (Quadro 9). O espaçamento duplo apresentou significância ao nível de 5% pelo Teste de F, mas não diferiu na análise pelo teste de Scott-Knott.

QUADRO 9. Síntese dos valores de análise de variância e do teste de médias para o variável estande de plantas e distribuição longitudinal.

Fator	Estande (plantas por metro)	Distribuição longitudinal		
		Normal (%)	Falho (%)	Duplo (%)
Manejo (M)				
SP	8,95 b	79,24 a	11,36 a	9,39 a
GR	10,96 a	81,88 a	5,79 a	12,31 a
E	9,20 b	83,48 a	8,68 a	7,82 a
E+GM	9,65 b	82,08 a	8,59 a	9,31 a
EC+GM	9,03 b	85,13 a	9,34 a	5,51 a
A+2GM	10,28 a	82,25 a	7,52 a	10,21 a
Teste F	11,09**	2,33 ^{ns}	2,66 ^{ns}	3,90*
C.V. (%)	4,96	3,10	26,56	25,46

^{NS}: não significativo ($p > 0,05$); *: significativo ($p < 0,05$); **: significativo ($p < 0,01$); C,V,: coeficiente de variação Letras minúsculas na coluna e iguais, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, sem preparo (SP); gradagem média (GR); escarificador (E); e escarificado + gradagem média (E+GM); escarificado cruzado + gradagem média (EC+GM) e Aração + duas gradagens média (A+2GM).

4.4 Produtividade de grãos

Pode-se constatar que em anos com volumes pluviométricos adequados (Figura 1), os valores restritivos de RP (Figura 5), podem deixar de ser restritivos, não prejudicando o desenvolvimento da soja (Figura 6).

Não houve diferença significativa para produtividade da soja em relação aos sistemas de preparo. Entretanto, foi observado diferença numérica de 305 kg ha⁻¹ a mais de produtividade de soja no A+2GM quando comparado com o SP. Levando em consideração que no SP não há a entrada de tratores e implementos para preparo do solo, este é um sistema mais vantajoso que os demais, tendo um menor custo. Marasca (2011) constatou que apesar de a RP ter apresentando valores considerados restritivos ao desenvolvimento radicular não foi verificada a influencia negativa na produtividade. No entanto, Cortez et al. (2017) verificaram que o uso do escarificador em área de plantio direto de mais de 10 anos, resultou no acréscimo de 25,64% de aumento na produtividade da soja, devido a redução a compactação do solo.

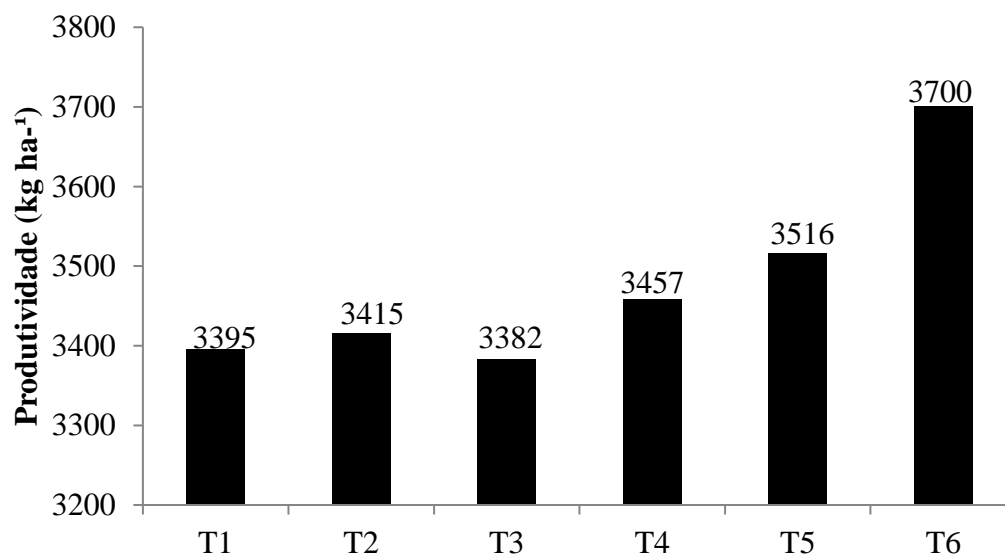


FIGURA 6. Produtividade da soja em função dos sistemas de preparo do solo. Sem preparo (SP); gradagem média (GR); escarificador (E); e escarificado + gradagem média (E+GM); escarificado cruzado + gradagem média (EC+GM) e Aração + duas gradagens média (A+2GM).

5 CONCLUSÕES

O sistema sem preparo do solo proporciona a manutenção da palhada, mas afeta o estande de plantas de soja.

O uso de grade média para manejo de restos culturais ou preparo do solo acarreta os maiores problemas de compactação.

O uso do escarificador mantém os valores de compactação abaixo dos valores críticos até 0,20 m de profundidade, quando trabalhou a 0,35 m.

A produtividade da soja não é afetada pelos sistemas de manejo do solo quando o regime pluviométrico é adequado às necessidades da cultura.

6 REFERÊNCIAS

ALMEIDA, S. de; CARVALHO, D. F. de; PANACHUKI, E.; VALIM, W. C.; RODRIGUES, A. S.; VARELLA, C. A. A. Erosão hídrica em diferentes sistemas de cultivo e níveis de cobertura do solo. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.51, n.9, p. 1110-1119. 2016.

BAVER, L.D.; GARDNER, W.H. & GARDNER, W.R. **Física de suelos**. Barcelona, Union Tipográfica Editorial Hispano Americana, p.529, 1973.

BORLACHENCO, N. G. C.; GONCALVES A. B. Expansão agrícola: elaboração de indicadores de sustentabilidade nas cadeias produtivas de Mato Grosso do Sul. **Revista Internacional de desenvolvimento local interações**, Campo Grande, v.18, n.1, p.119-128, 2017.

CAMARA, R. K. & KLEIN, V. A. Escarificação em plantio direto como técnica de conservação do solo e da água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa. v.29, n.5 p.789-796, 2005.

CAMBARDELLA, C.A.; MOORMAN, T. B.; NOVACK, J.M.; PARKIN, T.B.; KARLEN, D.L.; TURCO R.F.; KNOPKA, A.E. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Medison, v.58, n.5, p.1240-1248, 1994.

CAMPOS, M. C. C.; SOARES, M. D. R.; AQUINO, R. E.; SANTOS, L. A. C.; MANTOVANELLI, B. C. Spatial distribution of resistance to penetration of soil and water content of soil in an area of the agroforestry Humaitá, AM. **Revista Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.5, n.4, p. 509-517,. 2014.

CONAB - ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE GRÃOS - v. 4 - **Safra 2016/17**. Brasília, n. 9 - Nono levantamento, junho 2017.

CORREIA, T. P. da S.; TAVARES, L. A. F.; SOUSA, S. F. G. de; SILVA, P. R. A.; BENEZ, S. H. Semeadoras de soja transgênica. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.124, 2012.

CORTEZ J. W., MAUAD, M. S., LUIZ, C. F. de, RUFINO, M. V., & SOUZA, P. H. N. de. Agronomical attributes of soybeans and soil resistance to penetration in no-tillage and chiseled surfaces. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.37, n.1, p. 98-105, 2017.

DOMIT, L. A.; OKUMURA, R. S.; BARBOSA, G. M. de C.; HIGASHIBARA, L. R.; DALBOSCO, M.; MARIANO, D. de C.; ZORZENONI, T. O.; GUIMARÃES, M. de F. Tempo de adoção do sistema plantio direto e a relação com atributos do solo. **Revista Agrarian**, Dourados v.7, n.26, p.560-569, 2014.

DRESCHER, M.S.; ELTZ, F. L. F.; DENARDIN, J. E.; FAGNELLO, A.; DRESHER, G. L. Resistencia e rendimento da soja apos intervenção mecânica em Latossolo

vermelho sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 36, n.6, pp.1836-1844, 2012.

FAGUNDES, M. B. B.; DIAS, D. T.; PEREIRA, M. W. G.; NETO, L. F. F.; FRAINER, D. M. Impactos da produção de soja na economia de Mato Grosso do Sul. **Revista de Política Agrícola**, Brasília, v.23, n.4, p.111-122, 2014.

FIGUEIREDO, M. D. de; BARROS, A. I. M. de; GUILHOTO, J.J.M. Relação econômica dos setores agrícolas do estado do Mato Grosso com os demais setores pertencentes tanto ao Estado quanto ao restante do Brasil. **Revista Economia Sociologia Rural**, Brasília, v. 43, n.3., p.557-575, 2005.

GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R. variabilidade espacial de propriedades físicas do solo em uma parcela experimental. **Revista Brasileira de ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.2, p.169-177, 2005.

KRIGE, D.G. A statistical approach to some basic mine evaluation problems on the witwatersrand. **Journal of South African Institution of Minning and Metallurgy**, Johannesburg, v.52, p.119-139, 1951.

KURAGHI, S. A. H.; COSTA, J. A. de S.; BERNARDI, J. A.; COELHO, J. L. D.; SILVEIRA, G. M. da. Avaliação tecnológica de semeadoras e/ou adubadoras: tratamento de dados de ensaios e regularidade de distribuição longitudinal de sementes. **Revista Bragantia**, Campinas, v.48, n.2, p. 149-262, 1989.

LAFLEN, J. M.; AMEMIYA, M.; HINTZ, E. A. Measuring crop residue cover. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 36, n. 6, p. 341-343, 1981.

LANÇAS, K. P. Preparo do solo, subsolagem ou escarificação. **Revista Cultivar Máquinas**, Pelotas, n.14, p.34-37, 2002.

MACHADO, L. DE O.; LANA, Â. 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**, Viçosa, n. 31. n 3, p. 591-599, 2007.

MARASCA, I., OLIVEIRA, C.A.A., GUIMARAES, E.C., CUNHA, J.P.A.R., ASSIS, R.L., PERIN, A., MENEZES, L.A.S. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e teor de água em sistema de plantio direto na cultura da soja. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v.27, n.2, p. 239-246, 2011.

MAZURANA, M.; LEVIEN,; MULLER, J. & CONTE, O. . Sistemas de prepare de solo: alterações na estrutura e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do solo**, Viçosa. v.35, n.4, p.1197-1206, 2011.

MAZZINI, P. L. F.; SCHETTINI, C. A. F. Avaliação de metodologias de interpolação espacial aplicadas a dados hidrográficos costeiros quase sinóticos. **Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology**, Itajai, v. 13, n. 1, p. 53-64, 2009.

MORAES, M. T.; DEBIASI, H.; CARLESSO, R.; FRANCHINI, J. C.; SILVA, V. R. Critical limits of soil penetration resistance in a rhodic Eutrudox. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.38, n.1, p.288-298, 2014.

NICOLOSO, R. da S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da Escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um Latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento da soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa v.32, n.4, p.1723-1734, 2008.

PANACHUKI, E.; BERTOL, I.; ALVES SOBRINHO, T.; OLIVEIRA, P. T. S. de, & RODRIGUES, D. B. B. Perdas de solo e de água e infiltração de água em latossolo vermelho sob sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.35, n.5, p.1777-1786. 2011.

RICHART, A.; BRITO, O. R.; LLANILO, R. F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 26, n. 3, p. 321-344, 2005.

RICHETTI, A. **Viabilidade econômica da cultura da soja na safra 2013/2014 em Mato Grosso do Sul, Dourados**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Junho 2013. 16p.

RODRIGUES, F. de S.; CORTEZ, J. W.; SOUZA C. M. A. de; VIERO, R. M.; SOUZA, P. H. N. de; PUSCH, M. variabilidade espacial da resistência do solo a penetração em sistema de plantio direto. **Revista Plantio Direto**, Passo fundo, n 160. p.8-14. 2017.

SANTOS, H. G. dos; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C. dos; OLIVEIRA, V. A. de; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A. de; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. de. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. revista e ampliada. Brasília, DF: Embrapa, p. 353. 2013.

SANTOS, M. H. F. DOS; RIBON, A. A.; FERNANDES, K. L.; SILVA, O. C. C. DA; OLIVEIRA, L. C. DE; SILVA, A. A. DA. Estimativa da compactação através da resistência do solo a penetração em solo sob diferentes culturas e mata nativa. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça, v.14, n.27, p.49-62, 2015

SILVA, F. J.; OLIVEIRA, C. A. A.; ALMEIDA, L. S.; LIMA, L. P.; GUIMARÃES, E. C. Variabilidade espacial da resistência do solo à penetração e produtividade do milho. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia, v.4, n.3, p.77-84. 2017.

STOLF, R.; THURLER, A. M.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n.2, p. 447- 459. 2011.

TORRES, E.; SARAIVA, O.F. **Camadas de impedimento do solo em sistemas agrícolas com a soja**. Londrina: Embrapa Soja, 1999. 58p. (Embrapa Soja. Circular Técnica, 23).

VALICHESKI, R. R; GROSSKLAUS, F.; STUMER, S. L. K. TRAMONTIN, A. L.; BAAD, E. S. A. S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.16, n.9, p. 969-977, 2012.

VIEIRA, S. R. **Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo**. In: Tópicos em ciência do solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p. 1-54.

VIEIRA, S.R.; HATFIELD, J.L.; NIELSEN, D.R. & BIGGAR, J.W. **Geostatistical theory and application to variability of some agronomical properties**. Hilgardia, Berkeley, v.51. n,3, p. 1-75, 1983.