

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



DISCIPLINA DE TRABALHO DE GRADUAÇÃO II
Linha de pesquisa: Engenharia de Água , Solo e Meio Ambiente

PRODUTIVIDADE DE MILHO COM DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

MATEUS ANTONIOLLI

ERECHIM
2015

UNIVERSIDADE REGIONAL INTEGRADA DO ALTO URUGUAI E DAS MISSÕES
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
ENGENHARIA AGRÍCOLA



PRODUTIVIDADE DE MILHO COM DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

Mateus Antonioli

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado ao curso de Engenharia Agrícola do Departamento de Ciências Agrárias na Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões – Campus de Erechim, como requisito para aprovação na disciplina de Trabalho de Graduação II.

ERECHIM
2015

MATEUS ANTONIOLLI

PRODUTIVIDADE DE MILHO COM DIFERENTES MANEJOS DE SOLO

Orientador: Prof. Dr. Jardes Bragagnolo

BANCA EXAMINADORA :

Prof.Dr. Jardes Bragagnolo
Engenheiro Agrônomo
URI - Campus Erechim

Prof. Ms. Jeferson Cunha da Rocha
Engenheiro Agrícola
URI - Campus Erechim

Prof. Dr. Antonio Sérgio do Amaral
Engenheiro Agrônomo
URI – Campus Erechim

ERECHIM
2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho primeiramente a Deus por me guiar sempre por bons caminhos e por não permitir que eu desistisse dos meus sonhos, mesmo quando os momentos difíceis se fizeram presentes. A minha família, meus pais Cesar e Neuza e minha irmã Elitana, pois sem o incentivo e apoio deles não teria conseguido chegar até aqui. Aos meus professores que de uma forma ou de outra contribuíram para a minha formação acadêmica e conclusão deste trabalho. O incentivo, o apoio e a ajuda de vocês foi essencial para que eu pudesse concluir esta etapa da minha vida.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pois a fé que tenho nele me dá forças e coragem para buscar meus objetivos a cada dia.

À minha família, pelo carinho, incentivo e apoio incondicional.

Ao Prof. Dr. Jardes Bragagnolo, pela orientação, apoio, confiança e dedicação à elaboração deste trabalho.

Aos Professores Antonio Sérgio do Amaral e Adriana Paula pela ajuda e colaboração à elaboração deste trabalho.

À todos os professores que me proporcionaram o conhecimento não apenas intelectual, mas a manifestação do caráter e afetividade da educação no processo de formação profissional e pessoal.

À esta universidade, seu corpo docente, direção e administração, pela oportunidade de fazer o Curso de Engenharia Agrícola;

Meus agradecimentos aos meus familiares, amigos e colegas que fizeram parte da minha formação e que continuarão presentes em minha vida.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para que este sonho fosse concretizado: MUITO OBRIGADO!

EPIGRAFE

“O que vale na vida não é o ponto de partida e sim a caminhada. Caminhando e Semeando, no fim terás o que colher.”

(Cora Coralina)

RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado mundialmente um dos cereais mais importantes devido ao seu elevado potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. Entretanto, para se obter altos rendimentos é necessário investimento em tecnologias, ter clima favorável e boas condições de solo. Como fator limitante, pode-se citar a compactação do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária. Com o objetivo de avaliar a produtividade da cultura de milho, foi realizado um experimento utilizando diferentes sistemas de manejo de solo, composto de 4 parcelas com área de 25 m² no sistema plantio direto (SPD) e 4 parcelas com área de 25 m² no sistema escarificado (SE). O experimento foi implantado no município de Três Arroios/RS, em um solo caracterizado como Latossolo Vermelho Aluminíferico típico, cultivado a 5 anos com pastejo formado por cobertura de gramínea *Brachiaria*-MG5. Foram avaliados a influência da densidade (Ds), porosidade total (PT), resistência do solo à penetração (RP), umidade do solo (U) e a produtividade da cultura através de testes realizados a campo e análise das variáveis aplicando o teste de (Tukey) a 5% de probabilidade de erro. A densidade e porosidade foram determinadas através da coleta de solo utilizando anéis volumétricos a uma profundidade de 10, 20 e 30 cm, antes e depois do plantio. A resistência do solo a compactação foi realizada através do uso do penetrômetro coletando 5 pontos por parcela a uma profundidade de 40 cm. A umidade do solo foi determinada através do método de estufa a 105° até o peso constante. Pelos resultados obtidos foi possível observar que a densidade e porosidade total não sofreram alterações significativas. A resistência do solo a penetração apresentou uma média de 3162 kPa a 25,8 cm de profundidade, sendo considerada elevada. O SE teve uma diferença de 576 kg.ha⁻¹, ou seja 6,45% a mais que a produtividade de 8928 kg.ha⁻¹ obtida no SPD, indicando a necessidade do manejo de área em integração lavoura-pecuária.

Palavras-chave: Integração lavoura-pecuária. Compactação do solo. Manejo do solo.

ABSTRACT

Corn (*Zea mays* L.) is widely considered one of the most important cereals because of their high production potential, chemical composition and nutritional value. However, to obtain high yields is required investment in technology have good favorable climate and soil conditions. As a limiting factor, you can mention soil compaction in integrated crop-livestock systems. In order to evaluate the productivity of maize crop, an experiment was conducted using different soil management systems, consisting of four plots with 25 m² area under no-tillage (NT) and four plots with 25 m² area in the system scarified (SE). The experiment was established in the city of Three Streams / RS, in a land characterized as Rhodic Aluminiférico, grown to 5 years with grazing formed by grassy cover *Brachiaria*-MG5. Foram Evaluated the influence of density (Ds), total porosity (PT), the soil penetration resistance (RP), soil moisture (U) and crop yield by testing the field and analyze the variables applying the test (Tukey) to 5% error probability. The density and porosity were determined by collecting soil using volumetric rings to a depth of 10, 20 and 30 cm, before and after planting. The resistance of the soil compaction was performed by using the penetrometer collecting 5 points per plot to a depth of 40 cm. Soil moisture was determined by the oven method at 105 ° to constant weight. From the results it was observed that the density and porosity did not change significantly. Soil resistance to penetration averaged 3162 kPa to 25.8 cm deep, is considered high. The SE had a difference of 576 kg. ha⁻¹, ie 6.45% will more than the productivity of 8928 kg. ha⁻¹ obtained in the SPD, indicating the need for area management in crop-livestock integration.

Keywords: crop-livestock integration. Soil compaction. Soil management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Descompactação mecânica do solo com escarificador antes da semeadura do milho.....	20
Figura 2. Teste de Penetrometria	21
Figura 3. Trincheira para coleta de solo com anéis volumétricos para avaliação da densidade e porosidade total.	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Níveis de resistência do solo e interferência nas culturas.....	18
Tabela 2. Resultado da Análise de solo.....	19
Tabela 3. Características físicas do solo antes e após o cultivo do milho na safra 2014/15	25
Tabela 4. Resistência a penetração do solo, profundidade de penetração e produtividade da cultura de milho na safra 2014/2015.....	26

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 OBJETIVO	13
2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	13
3 REFERENCIAL TEÓRICO	14
4 MATERIAL E METÓDOS	19
4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO	19
4.2 DELINEAMENTO E MANEJO DO SOLO.....	19
4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO	20
4.4 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO	20
4.5 SEMEADURA DO MILHO	21
4.6 COLHEITA	21
4.7 DENSIDADE DO SOLO	22
4.8 POROSIDADE DO SOLO	23
4.9 UMIDADE DO SOLO.....	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
6 CONCLUSÕES	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	29

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays* L.) é considerado mundialmente um dos cereais mais importantes devido ao seu elevado potencial produtivo, composição química e valor nutritivo. Entretanto, para se obter altos rendimentos, a cultura exige o investimento em excelentes tecnologias e condições de solo e clima favoráveis (SEVERINO et al., 2006).

No Brasil, o milho exerce papel socioeconômico fundamental no que se refere a valor de produção agropecuária, área plantada e volume produzido especialmente na região Sul, Sudeste e Centro Oeste. O rendimento dessa cultura depende de alguns fatores fundamentais, entre eles, os níveis de tecnologia adotados, os tipos de solo e fatores de ordem econômica (SEVERINO et al., 2006).

O manejo inadequado do solo é o principal fator que interfere na produtividade e desenvolvimento das culturas. A falta de rotatividade de culturas e áreas de cultivo pode ocasionar a compactação do solo que é a redução do espaço poroso e o aumento da resistência de solo no caso de interação lavoura-pecuária (EMBRAPA, 2009).

A compactação varia de acordo com o tipo de solo, teor de umidade, energia de compactação e espessura da camada compactada. Esses fatores limitam mais ou menos a profundidade e o volume de solo explorado pelas raízes das plantas e observa-se que os efeitos da compactação sobre a produtividade das culturas são mais evidentes sob condições tanto de excesso quanto de déficit hídrico (BEUTLER et al., 2001).

A compactação provocada pelo pisoteio dos animais nas áreas de pastejo, pela altura de manejo da pastagem, pela textura e umidade do solo (LEÃO et al., 2004), bem como pela quantidade de resíduo vegetal sobre o solo (SILVA et al., 2000). Em geral, o efeito do pisoteio sobre os atributos físicos são mais pronunciados nas camadas superficiais do solo.(LANZANOVA et al, 2005).

Diante disso, para que se obtenha uma melhor produtividade em solos compactados, uma possível solução para diminuir esses efeitos negativos é investir em sistema de plantio direto, em que a escarificação ou também subsolagem tem sido

indicada como melhor opção para o rompimento de camadas compactadas de solo (KLEIN e CAMARA, 2007). Entretanto, os efeitos da escarificação podem permanecer por um período, igual ou inferior a um ano e, nem sempre favorecem aumentos consideráveis na produtividade das culturas (NICOLOSO et al., 2008), especialmente em solos de textura arenosa a média em que o grau de compactação crítico é mais elevado (REICHERT et al., 2001).

Segundo Reichert et. al. (2001), o aumento da profundidade de atuação das hastas sulcadoras das semeadoras-adubadoras, ao romper de forma localizada as camadas compactadas em superfície também pode representar uma medida para estimular o desenvolvimento radicular e reduzir os efeitos da compactação sobre a produtividade da soja e do milho, enquanto a recuperação física por processos biológicos está em andamento.

Diante disso, percebe-se a importância do estudo dos parâmetros físicos de solo tais como índice de compactação, densidade e porosidade, em áreas de cultivo de milho em que se utiliza sistema de plantio direto, na descompactação mecânica e na compactação do solo.

2 OBJETIVO

Avaliar a produtividade da cultura do milho em uma área de solo compactada com semeadura em plantio direto e comparar com a produtividade em uma área onde foi realizada a descompactação mecânica do solo.

2.1 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Analisar o índice de compactação do solo, através do uso do penetrômetro;
- b) Verificar a densidade e porosidade no solo compactado e descompactado;
- c) Comparar a produtividade de milho cultivado em solo escarificado e em sistema plantio direto.

3 REFERENCIAL TEÓRICO

O milho é o cereal mais produzido no mundo, sendo cultivado em quase todos os países, cultivado em diversas condições de clima e manejo. O Brasil é terceiro maior produtor mundial, deve finalizar esta safra com colheita de quase 80 milhões de toneladas e com consumo interno de menos de 55 milhões de toneladas. Neste contexto, com uma previsão de exportação de 21 milhões de toneladas, o Brasil continua sendo o segundo maior exportador do cereal (EMBRAPA, 2010).

Para produzir este cereal em maior quantidade e excelente qualidade torna-se imprescindível o uso de novas tecnologias por produtores tradicionalmente mais tecnificados, seja com sementes mais produtivas, variedades resistentes ou tolerantes a doenças, adubação localizada e direcionada de acordo com análise de solo e exigência da planta, manejo de solo, entre outros (EMBRAPA, 2010).

O preparo inicial do solo tem por objetivo básico fornecer condições ótimas para a germinação, a emergência e o estabelecimento das plântulas. O preparo primário consiste na operação mais grosseira, realizada com arados, escarificadores ou grades pesadas, que visa afrouxar o solo, sendo utilizada também para incorporação de corretivos, de fertilizantes, de resíduos vegetais e de plantas daninhas, ou para a descompactação superficial. A segunda etapa, chamada preparo secundário, consiste na operação de destorroamento e de nivelamento da camada arada de solo, por meio de gradagens do terreno (EMBRAPA, 2009).

O solo pode ter diferente comportamento, densidade e composição físico-química dependendo das diferenças entre seus constituintes, sendo assim, apropriado ou não para fins de agricultura e/ou outros. Assim, levando em consideração que estes fatores podem ser variáveis, também será variável o sistema de plantio utilizado para cada tipo de cultura (LANZANOVA e LOVATO, 2005).

Os tipos de solo dependem da sua composição e possuem características próprias, como as características físicas e químicas. As diferentes composições demonstram se o solo é apropriado ou não para produção de determinadas culturas e também, o tipo de manejo e correção mineral que devem ser feitos para otimizar a produção, sem causar danos ao solo.

Especificamente, em casos de solos compactados, a densidade e a macroporosidade do solo são diminuídos e assim, aumenta a sua resistência para o crescimento radicular em condições de baixa umidade, e em alta umidade, acontece a redução de oxigenação, o que limita a produtividade das culturas (LANZANOVA e LOVATO, 2005).

Alguns solos são utilizados para diferentes práticas, como a pecuária, especialmente no sul do nosso país. Essa prática ecumina em uma maior compactação. O pisoteio dos animais pode ter efeito adverso sobre as propriedades físicas do solo, alterar seu sistema poroso e conseqüentemente provocar limitações ao crescimento das plantas, principalmente quando o pisoteio ocorre com teor de água favorável a compactação (COLLARES et al., 2011).

O grau de compactação do solo depende do teor de argila, da granulometria, do tempo em que o gado pisoteou naquele espaço, da textura, umidade e do resíduo vegetal sobre o mesmo (SILVA et al., 2000).

Muitas vezes faz-se necessária a descompactação do mesmo através de metodologias eficazes. Uma das mais utilizadas chama-se escarificação mecânica. Todavia, alguns estudos apontam certa controvérsia para aumento ou não da produtividade das culturas (CAMARA e KLEIN, 2005).

A escarificação é uma das alternativas recomendadas para reduzir a compactação dos solos (CAMARA e KLEIN, 2005). Essa prática aumenta a porosidade e reduz a densidade (REICHERT et al., 2009), ao mesmo tempo rompe as camadas compactadas. Em razão disso, a escarificação eleva a taxa de infiltração e capacidade de armazenamento de água (CAMARA e KLEIN, 2005), reduz a resistência mecânica do solo à penetração e favorece o desenvolvimento das raízes (REICHERT et al., 2009).

Diante disso o sistema de plantio direto (SPD) surgiu como alternativa de controle de erosão de solos desbravados e intensivamente utilizados a partir da década de 70, ocasionada pela associação da mecanização intensiva (FIDELIS, et al. 2003). O SPD é um tipo de manejo de solo onde seu revolvimento para realização da semeadura é mínimo e os resíduos da cultura antecessora são mantidos na superfície do solo (Peixoto et al. 1997).

Esse sistema iniciou no Brasil a partir da década de 70, no Paraná e o seu início foi dificultado pela falta de implementos agrícolas para realizá-lo. Ademais, existia a

ocorrência de ervas daninhas já que a capina mecânica não era realizada nesse sistema e não existiam herbicidas eficientes (PEIXOTO et al., 1997; JORGE, 1986).

Conforme os avanços no emprego da técnica de SPD se aprimoraram, passou-se abandonar o preparo convencional do solo, com práticas de aragem e gradagem. O preparo convencional, além de depender de muita energia para sua realização, caracterizava-se por custos elevados e ainda por deixar o solo a mercê da erosão da chuva e do vento, podendo causar perda do solo (MELLO et al., 2003).

Além do controle da erosão e do sequestro do carbono da atmosfera, o SPD influencia diretamente a biologia do solo e seus atributos químicos de fertilidade. Também, umidade, retenção e infiltração da água no solo também são melhorados (CIDIVANES, 2002).

Em paralelo às características do SPD, torna-se imprescindível a não utilização de monocultura. Isto se explica porque essa prática aumenta a incidência de doenças, reduz a produtividade, aumenta o custo de produção, empobrece a cultura do solo e favorece a sua compactação (LANZANOVA et al, 2007).

Assim sendo, a rotação de culturas se faz necessária, pois aumenta a atividade microbiana, a estabilidade de agregados, a macroporosidade e a densidade, a estabilidade da matéria orgânica além de manter o equilíbrio entre os nutrientes do solo (LANZANOVA e LOVATO, 2005).

Normalmente as determinações de densidade do solo e porosidade total do solo são as avaliações mais comuns e difundidas para identificar camadas compactadas no solo, porém a resistência do solo à penetração, expressa pelo índice de cone, também está diretamente relacionada com o estado de compactação do solo e pode ser uma medida mais sensível para identificar a compactação, especialmente em camadas pouco espessas (ABREU et al., 2004).

Para cada solo há uma densidade crítica, a partir da qual a resistência torna-se tão elevada que diminui ou impede o crescimento de raízes (ROSEMBERG, 1964; CINTRA e MIELNICZUK, 1983; PEDÓ, 1986). A densidade do solo crítica é dependente principalmente de sua classe textural. Argentonet et al. (2005), constataram que em Latossolo Vermelho argiloso a deficiência de aeração inicia-se com densidade do solo próxima de $1,30 \text{ Mg m}^{-3}$, e Klein (2006), para mesma classe de solo, baseado no intervalo hídrico ótimo, observou que a densidade limitante foi de $1,33 \text{ Mg m}^{-3}$. Reichert et al. (2003), propuseram densidade do solo crítica para

algumas classes texturais: 1,30 a 1,40 Mg m⁻³ para solos argilosos, 1,40 a 1,50 Mg m⁻³ para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80 Mg m⁻³ para os franco-arenosos.

A resistência do solo à penetração é dada pela força normal requerida por unidade de área para separar ou afastar uma secção de solo de outra. Um método indireto de se avaliar a resistência do solo à penetração a campo é a utilização de penetrômetros, que são equipamentos desenhados para avaliar a resistência que o solo oferece à introdução de uma estreita sonda metálica (HILLEL, 1998).

De uma maneira geral, todos os autores indicam que, com valores de 2000 kPa de resistência à penetração, em qualquer tipo de solo que se encontre em capacidade de campo, já existe restrições ao crescimento radicular (FALKER, 2009). Porém, em solos com altos percentuais de argila (os solos conhecidos como pesados) é bastante comum de se encontrar níveis mais altos, mesmo quando este se encontra em sua condição natural de estrutura. Esta condição natural pode ser obtida em áreas testemunhas, que não sofram ação antrópica direta (abaixo de uma cerca, por exemplo, onde não existe circulação de máquinas, pessoas ou animais, ou áreas com vegetação nativa). (FALKER, 2009).

Cada uma das classes de solo possui uma densidade natural diferente, em função de sua origem, grau de intemperização e composição granulométrica. Esses fatores determinam solos com diferentes estruturas e organização de partículas. Os valores de resistência à penetração críticos irão variar em função do tipo de solo e de planta, sendo que os valores críticos para o desenvolvimento das plantas serão diferentes para cada combinação de situação. Portanto, não se pode considerar que a raiz de planta de soja encontrará a mesma dificuldade para o seu desenvolvimento em dois solos com diferentes quantidades de argila e o mesmo valor de resistência a penetração (FALKER, 2009).

Níveis toleráveis são aqueles nos quais não existe perda de produtividade por causa da compactação. Níveis críticos são aqueles em que normalmente ocorrerão perdas pela compactação. Já os níveis intermediários são aqueles em que existe potencial para perdas de produtividade pela compactação, mas esta dependerá da associação com outros fatores, como é possível observar na tabela 01 (FALKER, 2009).

Tabela 1. Níveis de resistência do solo e interferência nas culturas.

Níveis de Compactação do Solo (Umidade de Capacidade de Campo)	Leves*	Médios*	Pesados*
Nível Tolerável (kPa)	Abaixo de 2000	Abaixo de 2000	Abaixo de 2500
Nível Intermediário (kPa)	Entre 2500 e 3000	Entre 2000 e 3500	Entre 2500 e 4000
Nível Crítico (kPa)	Acima de 3000	Acima de 3500	Acima de 4000

*Classificação em função do teor de argila segundo EMBRAPA.

Fonte: FALKER, 2009.

Desta forma a é importante avaliar a implementação de cultivos mínimos e de SPD em áreas em transformação para lavouras de grãos advindas de áreas utilizadas anteriormente para pastoreio extensivo bovino.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERÍSTICAS DO SOLO

O estudo foi realizado em uma propriedade rural no município de Três Arroios - RS, localizada na Região Sul do País, situado a 687 metros de altitude, com latitude: 27° 30' 30" Sul e longitude: 52° 8' 11" Oeste.

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho Aluminíferico típico (EMBRAPA, 2006). Constituído por 60% de argila, 12% areia e 28% de silte. Com pH 6, havendo uma correção de calcário de 1900 kg/ha⁻¹ á dois anos.

Tabela 2. Resultado da Análise de solo

Argila %	pH 1:1	MOS %	P mg dm ³	K cmol/dm ³	Al cmol/dm ³	Ca cmol/dm ³	Mg cmol/dm ³	CTC cmol/dm ³
60	6,00	1,5	6	114	0	7	2,6	14,29

Fonte :Solo Sul laboratório de análises de solo

A área utilizada para o experimento era utilizada para pastejo extensivo de bovinos, com predominância de plantas gramínea como brachiaria, no qual nos últimos 5 anos não houve -nenhum tipo de revolvimento desse solo.

4.2 DELINEAMENTO E MANEJO DO SOLO

Para a implantação do experimento a área foi dividida em 4 parcelas individuais com 5 metros de comprimento e 4 metros de largura no sistema de plantio direto (SPD) e outras 4 parcelas individuais com 5 metros de comprimento e 4 metros de largura no sistema de plantio escarificado (SE). A dessecação foi realizada com o uso de glifosato aproximadamente 700 ml, diluído em 50 litros de água, aplicado com um pulverizador de barras, acoplado ao terceiro ponto do trator.

A descompactação mecânica do solo foi realizada com escarificador de 5 hastes acoplado ao terceiro ponto do trator rompendo as camadas mais profundas do solo a

cerca de 25 à 35 cm de profundidade para o tratamento com solo escarificado (Figura 01).

Figura 1. Descompactação mecânica do solo com escarificador antes da semeadura do milho



4.3 ANÁLISE DAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DO SOLO

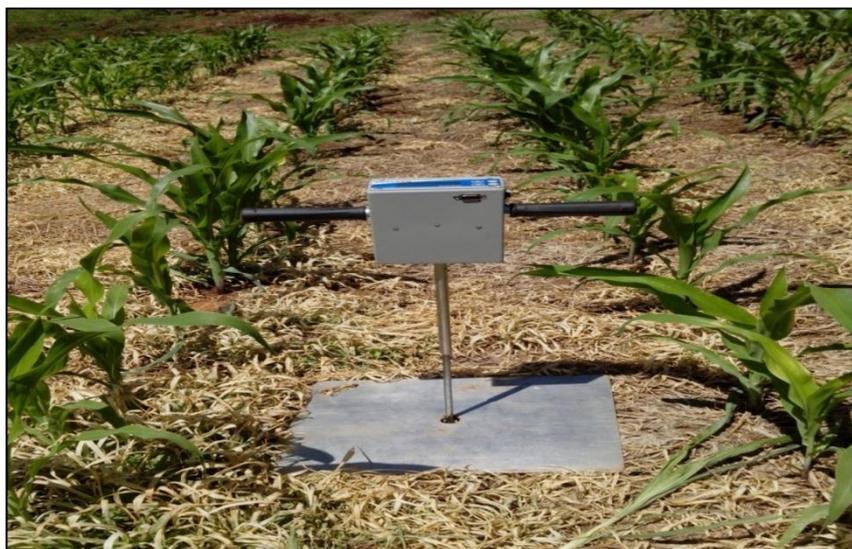
Para análise física do solo foram realizadas coletas de solo com anéis volumétricos em 3 diferentes camadas de solo à 10 cm, 20 cm e 30 cm de profundidade, que foram analisados no laboratório de solos da URI - Campus de Erechim- RS. Sendo avaliadas densidade e compactação. Os testes de compactação do solo foram realizados através do penetrômetro que faz a leitura de quanto cada ponto coletado está compactado. A partir das leituras desses pontos, serão feitas médias de cada parcela para comparar a compactação de uma com a outra.

4.4 RESISTÊNCIA A PENETRAÇÃO

A avaliação da resistência a penetração foi realizada após o cultivo do milho, sendo utilizado o penetrômetro FALKER PLG1020 (Figura 02) que mede a resistência a penetração do solo de 1 em 1cm através de uma haste metálica introduzida no solo

a uma profundidade de 40 cm, onde esse valor é medido em kPa. Foram realizadas 5 repetições de resistência a penetração em cada parcela do experimento.

Figura 2. Teste de Penetrometria



4.5 SEMEADURA DO MILHO

O milho foi plantado no dia 15/10/2014 utilizando o híbrido da Biogene 7046 com uma população de 5,8 plantas por metro (64.445 plantas por ha^{-1}), a uma distância de 90 centímetros entre linhas e profundidade de plantio de 5 centímetros. A semeadora foi equipada com sistema de abertura do sulco de disposição de fertilizantes e sementes de duplo disco. Na adubação de base utilizou-se $8,4kg\ ha^{-1}$ por parcela da formulação (N-P-K) 11-30-20.

Os demais tratos culturais foram efetuados conforme a necessidade seguindo práticas e técnicas semelhantes as adotadas pelos demais produtores da região.

4.6 COLHEITA

A colheita foi realizada de forma manual, sendo colhidas as espigas das 5 linhas centrais, respeitando-se 2 linhas de bordadura. As espigas foram debulhadas de

forma manual. Posteriormente foi realizada a pesagem do volume de grãos colhidos e uma amostra retirada para determinação da umidade e impurezas. O grau de umidade dos grãos foi determinado através da metodologia de Estufa (padrão a 105° por 24 horas segundo A.R.A.S) e posteriormente corrigido para 13% de umidade nos grãos limpos, para determinação da produtividade.

4.7 DENSIDADE DO SOLO

A densidade do solo foi determinada na segunda quinzena do mês outubro de 2014 , e depois da colheita do milho na segunda quinzena de março de 2015 utilizando amostras de solo indeformadas coletadas com o auxílio de anéis de aço com volume conhecido (Figura 03), seguindo metodologia descrita por Embrapa (1979). O cálculo da densidade foi realizado utilizando a eq.(1):

$$D_s = M_{ss} / V_c \quad \text{eq.(1)}$$

Sendo:

D_s = Densidade do solo $Mg.m^3$

M_{ss} = Massa de solo seco em estufa a 105° C ,g

V_c = Volume do cilindro, cm^3

Figura 3. Trincheira para coleta de solo com anéis volumétricos para avaliação da densidade e porosidade total.



4.8 POROSIDADE DO SOLO

A porosidade total do solo (PT) foi determinada pela eq.(2) onde foi adotado para $D_p = 2,65 \text{ g.cm}^3$, segundo Embrapa (1979).

$$P_t = \frac{D_p - D_s}{D_p} \cdot 100 \quad (2) \quad \text{eq.(2)}$$

Sendo:

P_t = Porosidade total do solo, $\text{m}^3.\text{m}^3$

D_p = Densidade de partícula, g.cm^3

D_s = Densidade do solo, Mg.m^3

4.9 UMIDADE DO SOLO

Para a determinação da umidade do solo foi usado o método termogravimétrico, conforme Embrapa (1997), que consiste em pesar a massa de solo úmido (M_u) e em seguida secá-lo em estufa a 105°C por 48 horas, e após, determinar sua massa seca (M_s). A partir da eq.(3), calculou-se a umidade do solo , segundo Embrapa (1979).

$$U_g = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad \text{eq.(3)}$$

U_g = Umidade gravimétrica do solo, %

M_u = Massa de solo úmido, g

M_s = Massa de solo seco em estufa, g

Os resultados experimentais foram submetidos á análise descritiva e de variância utilizando o software livre Sigma Plot (ver. 11.0) . As médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro, através do pacote estatístico SISVAR 4.0 (FERREIRA, 2000).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme os resultados contidos na tabela 02, a porosidade total (Pt) do solo apresentou uma diferença significativa entre os manejos. para a Pt 1 entretanto não foi observada diferença significativa para a Pt 2 entre os tratamentos, mesmo havendo a escarificação mecânica do solo. Sendo assim se houvesse manejo como rotação da pastagem com a área de produção de grãos aumentariam a matéria orgânica do solo e melhoram a estrutura física do solo, particularmente o seu espaço poroso (FLORES et al., 2007).

Tabela 3. Características físicas do solo antes e após o cultivo do milho na safra 2014/15

	ANTES			APÓS		
	Pt -1 (m ³ m ⁻³)	Ds-1 (Mg m ⁻³)	U-1 (%)	Pt- 2 (m ³ m ⁻³)	Ds- 2 (Mg m ⁻³)	U- 2 (%)
SPD	52,92b	1,25b	0,19a	51,21a	1,29a	0,19a
SE	50,74a	1,30a	0,18a	51,28a	1,29a	0,20a
MÉDIA	51,83	1,28	0,19	51,25	1,29	0,19
DP	2,47	0,06	0,06	1,97	0,05	0,03
CV (%)	4,73	5,14	31,14	3,83	4,03	10,30

1: avaliação realizada antes do cultivo do milho; 2: avaliação realizada depois do cultivo do milho; SPD: sistema plantio direto; SE: sistema escarificado; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

A densidade do solo (Ds) não apresentou diferença significativa entre os tratamentos ficou em uma média de 1,28 Mg m⁻³ na Ds-1 e 1,29 Mg m⁻³ na Ds-2 (Tabela 02) .O valor médio de Ds ficou abaixo do valor considerado crítico para o desenvolvimento adequado das plantas . -Consideraram-se que densidades acima de 1,35 Mg m⁻³ para solos muito argilosos (62% de argila) restringem o crescimento radicular das plantas (REICHERT et al., 2009). Principalmente em períodos secos, quando aumenta a resistência do solo à penetração, há deformações morfológicas nas raízes, o que limita o acesso à água e aos nutrientes das camadas mais profundas

(COLLARES et al., 2008). Limitando o desenvolvimento da planta afetando significativamente a produtividade da cultura.

A umidade do solo teve uma média de 19% no dia em que foram realizadas as coletas de solo para os experimentos, não diferindo entre os tratamentos avaliados (Tabela 02).

A resistência do solo à penetração não apresentou diferença significativa e foi maior no SPD do que no SE (Tabela 04), obtendo-se uma média na resistência de penetração de 3162 kPa, a profundidade de 25,8cm, com uma variação de 13,93% na resistência a penetração entre os tratamentos. A profundidade máxima de penetração teve variação de 14,76 %. Estes valores são superiores aos estabelecidos como críticos por Girardello et al. (2014).

Tabela 4. Resistência a penetração do solo, profundidade de penetração e produtividade da cultura de milho na safra 2014/2015.

	Resistência a penetração-2 (kpa)	Profundidade máxima de penetração (cm)	Produtividade (kg ha ⁻¹)
SPD	3197 ^{ns}	27,72 ^{ns}	8928 ^b
SCE	3125	23,87	9504 ^a
MÉDIA	3162	25,80	9216
DP	440,25	3,81	373,27
CV (%)	13,93	14,76	4,05

2: avaliação realizada depois do cultivo do milho; SPD: sistema plantio direto; SE: sistema escarificado; DP: desvio padrão; CV: coeficiente de variação.

Na busca de uma solução rápida para a compactação, os produtores escarificam as áreas consideradas compactadas. Com a escarificação ocorre aumento na taxa de infiltração de água e da condutividade hidráulica do solo saturado (KLEIN e VIEIRA, 2007). Veiga et al. (2008), comentaram que o preparo do solo aumenta a Pt e reduz a Ds da camada superficial, porém esse efeito diminui com o tempo após as operações de preparo, em razão da reconsolidação natural do solo.

A produtividade média da cultura do milho foi considerada elevada 9216 kg ha^{-1} superior a média estadual de 6.560 kg ha^{-1} (CONAB, 2015). O experimento em SE produziu 9504 kg ha^{-1} ou seja $9,6 \text{ sacos ha}^{-1}$ á mais que o SPD 8928 kg ha^{-1} , com uma variação de $6,45\%$ de produtividade entre os dois tratamentos. Houve uma diferença significativa na produtividade do milho entre os manejos que provavelmente ocorreu em razão do histórico de uso da área experimental com pastejo extensivo de animais.

Desta forma destaca-se o efeito positivo da descompactação do solo sobre as características físicas do solo a curto prazo e que esta medida paliativa pode ser uma alternativa viável para aumento da produtividade da cultura do milho, porém deve-se avaliar o efeito da escarificação em períodos de tempo mais longos e sobre culturas subsequentes.

6. CONCLUSÕES

A produtividade de grãos de milho foi afetada pelo sistema de manejo do solo adotado com o sistema escarificado promovendo 6,45% de aumento da produtividade.

As características físicas do solo, como a densidade e a porosidade total não sofreram alterações significativas entre os manejos. Já quanto a resistência do solo a penetração obteve-se a média de 3162 kPa a 25,8 cm de profundidade sendo considerada elevada.

O sistema escarificado teve resultados positivos em relação ao sistema de plantio direto, podendo ser indicado como método eficaz de manejo de solo. Para fins de estudos, recomenda-se avaliar o efeito da escarificação a longo prazo e sobre culturas subsequentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARGENTON J. et al. **Comportamento de atributos relacionados com a forma da estrutura de Latossolo Vermelho sob sistemas de preparo e plantas de cobertura.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 29, p. 425-435, 2005.

BEUTLER, A. et al. **Agregação de um Latossolo Vermelho distrófico típico relacionada com o manejo na região dos cerrados no Estado de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v.25, p.129-136, 2001.

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

CINTRA, F.L.D. e MIELNICZUK, J. **Potencial de algumas espécies para a recuperação de solos com propriedades físicas degradadas.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, v. 7, p. 197-201, 1983.

CIVIDANES, F. J. **Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.37, n.1, p. 15-23, jan. 2002.

COLLARES, G. L. et al. **Compactação superficial de Latossolos sob integração lavoura: pecuária de leite no noroeste do Rio Grande do Sul.** Ciencia Rural, n.41, p.246-250, 2011.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9 - Nono levantamento.** Brasília: Conab, p. 1 -104, junho 2015.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Manual de métodos de análises de solo**. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1997, 212p.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Cultivo do Milho**. Sistemas de Produção, v. 2, 6. ed., set. de 2010. Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/27037/1/Plantio.pdf>>. Acesso em: 22 fevereiro de 2015.

FALKER. Automação Agrícola. **Parâmetros para avaliação da resistência à penetração**. Nota de aplicação - PLG 1020 n.3. Rev. A, p.1-7, 2009.

JORGE, J. A. **Física e manejo dos solos tropicais**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1986, 328p.

KLEIN, V. A. e CAMARA, R. K. **Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, n. 31, p.221-227, 2007.

KLEIN, V. A. **Densidade relativa - Um indicador da qualidade física de um Latossolo Vermelho**. Revista de Ciências Agroveterinárias, Lages, v.5, p. 26-32, 2006.

LANZANOVA, M. E ; LOVATO, T. **Atributos físicos do solo em sistemas de culturas sob plantio direto na integração lavoura-pecuária**. Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Área de Concentração em Biodinâmica e Manejo do Solo - Universidade Federal de Santa Maria, UFSM, 30 de abril de 2005.

LANZANOVA, M. E. et al. **Atributos físicos do solo em sistemas de integração lavoura-pecuária sob plantio direto**. Revista Brasileira de Ciências do Solo, n.31, p.1131-1140, 2007.

MELLO, E. et al. **Perdas de solo e água em diferentes sistemas de manejo de um Nitossolo Háplico submetido à chuva simulada.** Revista Brasileira de Ciências do Solo, n. 27, p.901-909, 2003.

PEDÓ, F. **Rendimento e distribuição de raízes de seis espécies de plantas em dois níveis de compactação do solo.** Tese de Mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFGRS, Porto Alegre, 1986.

PEIXOTO, R. et al. **Plantio Direto: O caminho para uma agricultura sustentável.** Paraná: IAPAR, 1997. 277p.

REICHERT, J. M.; REINERT, D. J. e BRAIDA, J. A. **Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas.** Ciências Ambientais, n.27, p.29-48, 2003.

SEVERINO, L. S. et al. **Crescimento e produtividade da mamoneira adubada com macronutrientes e micronutrientes.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.41, p.563-568, 2006.

SILVA, V. R. et al. **Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, n.24, p.191-199, 2000.