

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CÂMPUS DOIS VIZINHOS  
CURSO DE AGRONOMIA

**GIORDANY SEBBEN BERNARDI**

**PLANTAS DE COBERTURA E USO DO FÓSFORO NOS ATRIBUTOS  
FÍSICOS DO SOLO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS  
2018

GIORDANY SEBEN BERNARDI

**PLANTAS DE COBERTURA E USO DO FÓSFORO NOS ATRIBUTOS  
FÍSICOS DO SOLO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso Superior de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Laércio Ricardo Sartor

DOIS VIZINHOS

2018

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente a Deus pelo dom da vida, pelas oportunidades e proteção diária.

Aos meus pais Gilmar Bernardi e Dirley Sebben Bernardi pelo incentivo, apoio e companheirismo nesta caminhada.

Um agradecimento aos meus amigos da cidade de Chapecó – SC onde iniciei esta caminhada.

Aos meus amigos da cidade de Santo Antônio do Sudoeste – PR, muito obrigado pela amizade, ajuda, incentivo, conselhos e companheirismo, influenciaram muito positivamente na minha formação.

A todos que participaram da minha vida nesses anos de graduação, que contribuíram de alguma forma para ser a pessoa que sou hoje.

Ao corpo docente da UTFPR-DV, pelos conhecimentos e orientações repassadas ao longo do curso que foram fundamentais para minha formação humana e profissional.

A banca examinadora por ter aceitado o convite e estar contribuindo com a realização do trabalho.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

## RESUMO

BERNARDI, Giordany Sebben. Plantas de cobertura e uso do fósforo nos atributos físicos do solo. Trabalho de Conclusão de Curso II, Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

Os solos agrícolas sofrem grandes impactos, sendo a compactação considerada a grande causa desses efeitos em função do tráfego de tratores e máquinas agrícolas em condições inadequadas de manejo. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura, fontes e uso de fósforo nos atributos físicos do solo, tais como a porosidade e densidade do solo. O experimento foi conduzido em área experimental da UTFPR-DV, no delineamento de blocos ao acaso, com 3 repetições constituídas por parcelas de 5x5m. Os tratamentos foram compostos de diferentes plantas de cobertura: nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*), aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*), tremoço (*Lupinus albus*), residual da aplicação anual entre 2009 a 2015 de superfosfato simples, fosfato natural e sem o uso de fósforo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativa, foi realizado o teste de comparação de médias pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os resultados obtidos mostraram respostas positivas das plantas de cobertura e uso de diferentes fontes fósforo no aumento da macroporosidade e redução da densidade total do solo, em relação ao pousio. O azevém mostrou um aumento de porosidade total do solo com o uso de superfosfato simples, em camadas superficiais.

**Palavras-chaves:** plantas de cobertura, porosidade do solo, densidade do solo.

## ABSTRACT

BERNARDI, Giordany Sebben. Covering plants and use of phosphorus in the physical attributes of the soil. Trabalho de Conclusão de Curso II Curso de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2018.

The agricultural soil suffers great impacts, being the compaction regarded the great cause of those effects in function of traffic tractors and agricultural machines in inappropriate conditions of management. This work has as objective to evaluate the effect of different cover plants among under sources of phosphorus on physical attributes of soil, such as the porosity and soil density. The experiment was conducted in the experimental area of UTFPR-DV with three blocks at random, in parcels of 5x5 meters. The treatments will consist of different cover plants: vetch (*Vicia cracca*), turnip-fodder (*Raphanus sativus*), oat (*Avena strigosa*), rye (*Secale cereale*), ryegrass (*Lolium multiflorum*), lupin (*Lupinus albus*), residual application annual between 2009 to 2015 of superphosphate simple, natural phosphate and without use of phosphorus. The results will be submitted to analyse of variance, and the comparison between the average made from Tukey test, to a 5% of probability. The expected results were being obtained positives answers of cover plants and use of the phosphorus in porosity of soil in relation to fallow, the production of biomass greater in the areas with use of the phosphorus and effects of root system more aggressive in function of increase of the soil porosity.

**Keywords:** cover plants, porosity of soil, density of soil.



---

## **TERMO DE APROVAÇÃO**

### **PLANTAS DE COBERTURA E USO DO FÓSFORO NOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO**

por

**GIORDANY SEBEN BERNARDI**

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 22 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Laércio Sartor  
Orientador

---

André Pellegrini  
UTFPR

---

Adalberto Luiz de Paula  
UTFPR

---

Angélica Signor Mendes  
Responsável TCC II

---

Lucas da Silva Domingues  
Coordenador de Curso

## Sumário

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	7
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	10
2.1 OBJETIVO GERAL.....	10
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	11
3.1 SISTEMAS AGRÍCOLAS.....	12
3.2 CONDIÇÕES DO SOLO.....	12
3.3 COMPACTAÇÃO DO SOLO .....	13
3.4 DENSIDADE DO SOLO .....	14
3.5 POROSIDADE DO SOLO .....	14
<b>4 MATERIAIS E MÉTODOS</b> .....	15
4.1 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO .....	15
4.1.1 CÁLCULOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO .....	16
4.1.2 DENSIDADE APARENTE .....	16
4.1.3 MICROPOROSIDADE .....	17
4.1.4 POROSIDADE TOTAL .....	17
4.1.5 MACROPOROSIDADE .....	18
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	19
<b>6 CONCLUSÃO</b> .....	26
<b>7 REFERÊNCIAS</b> .....	27

## 1 INTRODUÇÃO

O sistema de plantio agrícola promove uma degradação do solo quando aplicada uma pressão com teor de umidade inadequado, o revolvimento ocasionado por sucessivas mobilizações pode ocasionar a compactação, o rompimento e a decomposição da matéria orgânica incorporada. O sistema de semeadura direta recomenda manter o solo coberto com restos vegetais de culturas anteriores, revolver o solo apenas na linha de semeadura e fazer a rotação de culturas (VOLK et al., 2004). A eficiência deste sistema está ligada diretamente a qualidade e quantidade de resíduos produzidos, o tempo que estes resíduos permanecem no solo, principalmente em períodos de chuva, quando o solo ainda não está totalmente coberto pela cultura atual. É importante a manutenção destes resíduos no solo, ter conhecimento do processo de ciclagem de nutrientes, para resultar em uma maior eficiência de absorção da cultura sucessora.

O fósforo contribui muito para o crescimento e desenvolvimento inicial das plantas, estimula o enraizamento e também o crescimento em profundidade das raízes, favorece a produção de biomassa, o que resulta em maior quantidade de matéria seca que ficará sobre o solo como resíduo vegetal. Essa é a grande importância do fósforo em plantas de cobertura, analisar a influência na taxa de crescimento e na produção de biomassa (BOATWRIGHT G.O 1996).

Neste trabalho foi utilizado o fosfato natural, ou fósforo orgânico, que provém de resíduos de plantas e tecidos microbianos. O superfosfato simples, uma fonte de fósforo inorgânica que possui 18% de  $P_2O_5$ , 16% de Cálcio (Ca) e 8% de Enxofre (S) (BOATWRIGHT, 1966). E também foi avaliada uma parcela sem o uso do fósforo.

Por esses motivos, se justifica a necessidade de avaliar as opções de plantas de cobertura para rotações, conhecer as vantagens e desvantagens de uma planta sobre a outra, observar a eficiência do sistema radicular de cada cultura, a quantidade e qualidade de resíduos produzidos e o tempo que estes permanecem no solo.

O objetivo do presente estudo é avaliar o efeito de diversas plantas de cobertura sob fonte e uso de fósforo na porosidade e densidade do solo.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito de diferentes plantas de cobertura e fontes de fósforo na porosidade e densidade do solo em trabalho de longa duração.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Avaliar a resposta das diferentes plantas de cobertura, sob fontes de fósforo de diferentes solubilidades.

Avaliar a influência do fósforo na porosidade total, densidade do solo, macroporosidade e microporosidade.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 SISTEMAS AGRÍCOLAS

O uso de sistemas agrícolas provoca um desequilíbrio no ecossistema, onde a retirada da cobertura vegetal original e o plantio de culturas, aliadas a técnicas de manejo inadequadas, resultam no desequilíbrio entre o solo e o meio, alterando desta forma as propriedades químicas, físicas e biológicas, limitando a utilização agrícola (GODEFROY; JACQUIN,1975).

As práticas de manejo de solo e das culturas causam mudanças nas propriedades físicas do solo, podendo ser temporárias ou permanentes. A importância em avaliar a qualidade física do solo tem sido maior por considerá-lo como elemento essencial na manutenção e sustentabilidade do sistema agrícola de produção (LIMA,2004).

Conforme Topp et al. (1997), os atributos mais usados como indicadores de qualidade física do solo são aqueles que consideram a profundidade de enraizamento, porosidade total, densidade do solo e resistência do solo a penetração das raízes.

#### 3.2 CONDIÇÕES DO SOLO

O sucesso de um sistema agrícola está na palhada deixada por culturas de cobertura, mais a quantidade de resíduos das culturas sobre a superfície do solo, isto cria um ambiente favorável ao crescimento vegetal, colaborando para a consolidação da produção e para a manutenção de características e propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo a qualidade do mesmo (ALVARENGA, 2001).

O desempenho do solo depende da massa de resíduos vegetais deixados no solo, da sua taxa de decomposição e da porcentagem de cobertura de solo gerada por este material. Mesmo em pequenas quantidades estes resíduos reduzem a erosão hídrica em relação ao solo descoberto (BERTOL et al., 1998).

As plantas de cobertura devem possuir alguns atributos como: eficiência de produção de matéria seca, alta taxa de crescimento, resistência ao frio e à seca, não apresentar problemas de infestação às áreas agrícolas, facilidade no manejo, apresentar sistema radicular profundo e vigoroso para melhorar a ciclagem de nutrientes e elevar a relação C/N (EMBRAPA, 1996).

As plantas utilizadas neste experimento serão: Aveia preta (*Avena strigosa*) poaceae de inverno, com alta capacidade de perfilhamento, crescimento e grande produtora da massa verde. É adaptada a solos mais pobres e baixas temperaturas (CARNEIRO, A.M. 1996).

O nabo-forageiro (*Raphanus sativus*) é uma planta muito vigorosa, possui sistema radicular pivotante e agressivo, capaz de romper camadas de solo extremamente compactadas, apresenta características alelopáticas muito acentuadas o que lhe proporciona a condição de inibir a emergência e o desenvolvimento de uma série de plantas invasoras, alta capacidade de reciclagem de nutrientes do solo, principalmente do fósforo e nitrogênio. Seu sistema radicular vigoroso pode ser classificado como excelente subsolador natural (PORTAS, A.A. 2008).

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma poaceae considerada rústica, competitiva, com boa capacidade de perfilhamento e que se desenvolve bem em qualquer tipo de solo. Em condições onde o solo apresente alta deficiência de drenagem, o azevém tem seu desenvolvimento prejudicado, embora tolere bem a acidez, é exigente em fertilidade e umidade (MAIA et al., 2007).

O tremoço (*Lupinus albus*) é uma fabaceae que se adapta em diversas condições climáticas, resistente ao frio, se desenvolve em solos de média fertilidade, tolera a média acidez do solo, para produção de grãos, é conveniente proceder uma adubação no solo, para melhor produção. Possui um sistema radicular pivotante bastante profundo que proporciona melhorias nas condições físicas do solo, além de promover a fixação simbiótica do nitrogênio (ALMEIDA, 2001).

O sistema radicular dessas espécies varia de acordo com sua taxonomia, as gramíneas, aveia e azevém possuem um sistema radicular fasciculado, raízes mais rasas, e as plantas nabo-forageiro e tremoço possuem um sistema radicular pivotante, raízes mais longas, capazes de chegar a maiores profundidades no solo.

### 3.3 COMPACTAÇÃO DO SOLO

Elomen e Alakukku(1994) dizem que a compactação do solo é um fator limitante da qualidade física das terras agrícolas, prejudicando maiores índices de produtividade. Em solos compactados, o desenvolvimento das plantas é menor, isto é atribuído a resistência mecânica do crescimento da raiz, que resulta num menor volume de solo explorado e menor absorção de água e nutrientes, por consequência, uma menor produtividade das culturas (STONE; MOREIRA, 2002).

Horn (1995) afirma que não é somente a pressão estática que causa compactação, mas também o movimento de vibração causada pelo trator puxando implementos e pela patinagem. O efeito do manejo sobre as propriedades físicas do solo é definido pela classe de solo, sistemas de rotação de culturas utilizados, condições climáticas, tempo de uso dos diferentes sistemas de manejo e condição de umidade do solo em que são realizadas as operações de campo (BERTOL et al., 2000).

A textura do solo exerce grande influência no processo de compactação. Quando uma pressão é aplicada no solo por máquinas, implementos, transporte ou animais ocorre um novo arranjo das partículas, reduzindo o espaço aéreo do solo, aumentando a densidade e a resistência à penetração, o que favorece a compactação do solo (SOANE, 1986; HORN; LEBERT, 1994).

A condição que comanda o grau de deformação que pode ocorrer no solo é a umidade (DIAS JUNIOR, 1994). Assim, quando os solos estão mais secos, o solo possui uma maior capacidade de suportar a pressão aplicada e a compactação pode ser menor ou nula. Porém, em condições de alta umidade, o solo sofre deformação mais facilmente, ocasionando camadas compactadas (SWAN; MONCRIEF; VOOHEES, 1987).

A matéria orgânica é um dos atributos do solo responsável pela manutenção de condições físicas do solo e também influencia a compactação (ASSOULINE; TAVARES FILHO; TESSIER, 1997; DIAS JUNIOR et al., 1999). O uso de resíduos vegetais ou adubo verde que promovam o aumento de M.O no solo é um grande aliado contra o processo de compactação (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

### 3.4 DENSIDADE DO SOLO

A existência de uma camada adensada e maciça na estrutura superficial e subsuperficial são comuns na maioria dos solos com cultivo intenso, com elevados valores de adensamento do solo, a proliferação e a penetração das raízes é prejudicada. A densidade pode variar significativamente, dependendo dos teores de matéria orgânica, da textura do solo e da frequência de cultivo (HAJABBASI; JALALIAN; ARIMZADEH, 1997). Para corrigir o problema da alta densidade, alguns agricultores têm aplicado a subsolagem nas operações de preparo do solo para a semeadura, com o intuito de aliviar a compactação (CASTRO FILHO et al., 1993).

De Jong-Hughes et al. (2001) afirmam que o solo parcialmente comprimido pode acelerar a germinação de sementes, porque ocasiona um bom contato entre a semente e o solo. E uma compactação moderada pode diminuir a perda de água do solo por evaporação e assim impedir que o solo em volta da semente seque rapidamente. Uma compactação moderada pode ocasionar um aumento na ramificação e na formação de raízes secundárias, favorecendo a exploração das raízes para absorção de nutrientes, em especial os nutrientes de pouca mobilidade no solo, como o fósforo.

### 3.5 POROSIDADE DO SOLO

A porosidade do solo é um atributo físico do solo que sofre grandes mudanças com a compactação. Com relação à organização e tamanho dos poros, os microporos são responsáveis pela eficiência de retenção de água e solutos no solo, enquanto que a macroporosidade influencia diretamente a capacidade de aeração, a drenabilidade do solo e sua capacidade de infiltração (HILLEL, 1998).

Abreu (2000) diz que poros formados pela ação das raízes no solo são mais estáveis, porque a decomposição pelos microrganismos produz materiais que agem como cimentantes nas paredes dos poros, permitindo maior durabilidade.

No plantio direto, o solo demonstra após anos de cultivo, maiores valores de densidade e microporosidade na camada superficial, e valores menores de

macroporosidade e porosidade total, quando comparado com o preparo convencional. Isto acontece pelo arranjo natural do solo não mobilizado, e pela pressão provocada pelo trânsito de máquinas e implementos agrícolas (SILVEIRA; STONE, 2003).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado durante o período compreendido entre maio de 2017 e outubro de 2017, em área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Dois Vizinhos, localizada na região sudoeste do estado do Paraná, tendo como coordenadas geográficas aproximadas de Latitude 25° 44' S e Longitude 53° 03' W de Greenwich, altitude média de 510 metros, clima subtropical do tipo Cfa.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas de 5x5m, com três repetições. O experimento está no oitavo ano consecutivo de avaliação, sendo avaliados 12 tratamentos em esquema fatorial 3x4, em parcelas subdivididas.

Fator A = fontes de fósforo: superfosfato simples (18% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 16% Ca e 8% S), fosfato natural (24% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 4% de ácido cítrico, aplicados até o ano de 2015) e sem a aplicação de fósforo.

Fator B = plantas de cobertura: tremoço (*Lupinus albus*), nabo-forageiro (*Raphanus sativus L.*), aveia preta (*Avena strigosa*), azevém (*Lolium multiflorum*) e sistema em pousio.

### 4.1 AVALIAÇÃO DA ESTRUTURA DO SOLO

A análise da estrutura envolve a determinação dos seguintes atributos do solo: densidade, macroporosidade, microporosidade e porosidade total.

As amostras de solo foram coletadas nas profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15 cm em cada tratamento por meio da metodologia do anel volumétrico, que tem como princípio coleta de amostras de solo com estrutura indeformada através de um anel de aço (Kopecky) de bordas cortantes e volume interno de aproximadamente 80cm<sup>3</sup>.

Posteriormente foram realizadas as análises no Laboratório de análise de solos da UTFPR-DV, e por último foram realizados os cálculos para determinação dos atributos do solo baseado nas diferenças de pesos das amostras.

A coleta das amostras físicas do solo a campo seguiu os seguintes procedimentos, primeiro a análise foi realizada em cada ponto da parcela amostral previamente definida, com uma enxada o solo superficial foi limpo e colocado o anel volumétrico, com o auxílio de uma marreta, o anel volumétrico foi totalmente introduzido ao solo e depois retirado utilizando a enxada, após a retirada do anel do solo, retirou-se o excesso do solo ao seu redor utilizando uma faca, depois de retirado o excesso de solo, o anel volumétrico foi cuidadosamente guardado. Conferida a numeração do recipiente da amostra com o anel e a numeração de ambos foi associada ao ponto amostral coletado.

As amostras foram imersas em água por 24 horas, pesadas em uma balança e em seguida colocadas na mesa de tensão, após isso, foram para a estufa em temperatura de 105°C. Após foram retirados os cilindros de solo da estufa, e pesados novamente.

#### 4.1.1 CÁLCULOS DAS PROPRIEDADES FÍSICAS DO SOLO

É extremamente importante que antes de aplicar qualquer fórmula de cálculo das propriedades físicas do solo, sejam descontadas as medidas de peso da lata, borracha, pano e anel, assim os cálculos são aplicados utilizando-se somente os valores da amostra de solo.

As fórmulas utilizadas no cálculo das propriedades físicas do solo (umidade, densidade, porosidade total, microporosidade e macroporosidade foram retiradas do Manual de Métodos de Análise de Solo (EMBRAPA, 2007).

#### 4.1.2 DENSIDADE APARENTE

Para o cálculo da densidade aparente do solo foi utilizada a medida obtida da primeira secagem da amostra em estufa e o volume do anel volumétrico.



Densidade =  $a/b$

Em que:

Densidade =  $g/cm^3$

a = peso da amostra seca (g)

b = volume do cilindro ( $cm^3$ )

#### 4.1.3 MICROPOROSIDADE

A medida da microporosidade do solo foi obtida por meio das amostras submetidas a mesa de tensão, a qual retira a água dos macroporos e após a pesagem, antes e depois de ir à estufa, obtém-se o volume de macro e microporos contidos na amostra.

Microporosidade =  $(a-b)/c$

Em que:

a = peso da amostra após ser submetida a tensão de 100 hPa;

b = peso da amostra seca (g);

c = volume do cilindro ( $cm^3$ )

#### 4.1.4 POROSIDADE TOTAL

A porosidade total corresponde ao volume de poros totais do solo ocupado por água e/ou ar, e é calculada utilizando a medida do peso da amostra de solo após saturação e após a segunda secagem em estufa. A unidade de medida é dada em porcentagem (%).

Porosidade total =  $100(a-b)/c$

Em que:

a = peso da amostra após ser submetida a saturação;

b = peso da amostra seca (g);

c = volume do cilindro ( $cm^3$ )

#### 4.1.5 MACROPOROSIDADE

O valor da macroporosidade é obtido pela diferença da porosidade total e da microporosidade do solo. O valor da porosidade total não deve estar em porcentagem nesse cálculo, portanto deve-se dividir por 100 o valor da porosidade total antes de aplicar o cálculo da macroporosidade.

Macroporosidade = porosidade total – microporosidade =  $\text{cm}^3$  de microporos/ $\text{cm}^3$  de solo

(EMBRAPA, 2007).

Os resultados foram submetidos à análise de variância, e a comparação entre as médias feita pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

**Tabela 1.** Médias da macroporosidade do solo em profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15cm em área de lavoura sob efeito de fontes de fósforo e plantas de cobertura.

MACROPOROSIDADE				
0-5 cm				
	Sem P	Solúvel	FN	Média
<b>Testemunha</b>	21,0 B ab	28,6 A b	22,2 B a	<b>23,9</b>
<b>Tremoço</b>	25,5 AB a	17,8 B c	35,8 A a	<b>26,4</b>
<b>Nabo</b>	28,2 A a	24,8 A b	27,0 A a	<b>26,7</b>
<b>Azevém</b>	27,4 B a	45,1 A a	33,8 AB a	<b>35,4</b>
<b>Aveia</b>	16,1 A b	25,6 A b	30,1 A a	<b>23,9</b>
<b>Média</b>	<b>23,6</b>	<b>28,4</b>	<b>29,8</b>	
5-10 cm				
<b>Testemunha</b>	18,7 A a	16,2 A a	22,0 A a	<b>19,0</b>
<b>Tremoço</b>	27,9 A ab	20,5 A a	23,8 A a	<b>24,0</b>
<b>Nabo</b>	21,1 AB ab	14,4 B a	25,7 A a	<b>20,4</b>
<b>Azevém</b>	14,8 A b	19,3 A a	20,1 A a	<b>18,1</b>
<b>Aveia</b>	22,7 A ab	21,6 A a	21,0 A a	<b>21,7</b>
<b>Média</b>	<b>21,0</b>	<b>18,4</b>	<b>22,5</b>	
10- 15 cm				
<b>Testemunha</b>	15,1 A a	17,5 A ab	17,9 A b	<b>16,8</b>
<b>Tremoço</b>	22,0 A a	22,7 A a	23,1 A a	<b>22,6</b>
<b>Nabo</b>	14,6 A a	15,9 A b	18,7 A ab	<b>16,4</b>
<b>Azevém</b>	17,0 A a	19,4 A ab	18,5 A ab	<b>18,3</b>
<b>Aveia</b>	14,0 B a	22,6 A a	23,0 A a	<b>19,9</b>
<b>Média</b>	<b>16,5</b>	<b>19,6</b>	<b>20,2</b>	

Letras minúsculas diferem entre linhas e letras maiúsculas diferem entre colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável macroporosidade, houve interação significativa entre as fontes de fósforo e plantas de cobertura em todas as profundidades avaliadas (Tabela 1).

Considerando a profundidade de 0-5 cm, nas parcelas sem fósforo, para aveia a macroporosidade foi menor se comparada aos outros tratamentos, não diferindo estatisticamente da testemunha. Nas parcelas com superfosfato simples, o uso do azevém resultou em maior macroporosidade do solo se comparado às demais plantas de cobertura, resultado este devido as gramíneas possuírem maior eficiência de aquisição e utilização de P, que são justificadas pela morfologia do sistema radicular

(Rao et al., 1997). Já nas parcelas com fosfato natural, não houve diferenças significativas entre as plantas de cobertura.

Para profundidade de 5-10 cm, nas parcelas sem P o tremoço-branco demonstrou superioridade, fato explicado por conta da fixação biológica de nutrientes que promove o crescimento e podem estimular o aumento da densidade de pelos radiculares, que resulta em melhoria na absorção de água e nutrientes (Feitosa, 2010). Nas parcelas com aplicação de superfosfato simples e fosfato natural não foram observadas diferenças significativas entre as plantas de cobertura (Tabela 1).

Na profundidade de 10-15 cm o tremoço teve uma média numérica maior do que as demais nas áreas sem aplicação de fósforo, por ser uma espécie com características de rusticidade e adaptabilidade à baixa fertilidade, além de possuir alto potencial de simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio (ROVEDDER e ELTZ, 2008). Nas áreas com aplicação de fosfato natural, o tremoço e a aveia apresentaram maiores médias de macroporosidade do solo em relação à testemunha. No caso do tremoço, esses resultados podem estar associados ao auxílio da FBN e também por possuir um sistema radicular pivotante e muito vigoroso (Rovedder, 2007) e no caso da aveia por possuir uma raiz fasciculada e fibrosa que facilita a penetração no solo (BOTREL, 1983).

**Tabela 2.** Médias da microporosidade do solo em profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15cm em área de lavoura sob efeito de fontes de fósforo e plantas de cobertura.

<b>MICROPOROSIDADE</b>				
0-5 cm				
	Sem P	Solúvel	FN	Média
<b>Testemunha</b>	45,1 A bc	42,0 A a	40,5 A ab	<b>42,5</b>
<b>Tremoço</b>	45,3 A bc	43,4 A a	45,1 A ab	<b>44,6</b>
<b>Nabo</b>	40,4 A c	42,2 B a	47,3 AB a	<b>43,3</b>
<b>Azevém</b>	51,2 A a	38,3 B a	39,1 B b	<b>42,9</b>
<b>Aveia</b>	46,7 A ab	42,7 A a	42,7 A ab	<b>44,0</b>
<b>Média</b>	<b>45,7</b>	<b>41,7</b>	<b>42,9</b>	
5-10 cm				
<b>Testemunha</b>	47,17	47,73	46,08	<b>47,0 a</b>
<b>Tremoço</b>	41,40	43,17	45,29	<b>43,3 b</b>
<b>Nabo</b>	43,26	43,94	44,70	<b>44,0 ab</b>
<b>Azevém</b>	50,59	43,86	44,89	<b>46,4 ab</b>
<b>Aveia</b>	49,12	42,80	46,38	<b>46,1 ab</b>
<b>Média</b>	<b>46,3 A</b>	<b>44,3 A</b>	<b>45,5 A</b>	
10- 15 cm				
<b>Testemunha</b>	48,3 AB a	45,0 B a	49,0 A a	<b>47,5</b>
<b>Tremoço</b>	39,7 A b	44,0 A a	49,0 A a	<b>42,6</b>
<b>Nabo</b>	38,9 B b	47,2 A a	47,6 A a	<b>44,5</b>
<b>Azevém</b>	48,0 A a	44,7 B a	48,0 A a	<b>46,9</b>
<b>Aveia</b>	48,8 A a	44,9 A a	47,2 A a	<b>47,0</b>
<b>Média</b>	<b>44,8</b>	<b>45,2</b>	<b>47,2</b>	

Letras minúsculas diferem entre linhas e letras maiúsculas diferem entre colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Para a variável microporosidade houve interação significativa entre fontes de fósforo e plantas de cobertura apenas nas profundidades de 0-5 e 10-15 cm (Tabela 2).

Na profundidade de 0-5 cm, em áreas sem aplicação de fósforo o nabo diferenciou-se estatisticamente das demais plantas, apresentando os menores valores de microporosidade, o que pode ser justificado pela falta de fósforo no solo, que prejudica também a concentração de N presente no mesmo, dificultando o desenvolvimento da cultura (Barradas, 2010). Nas parcelas com superfosfato simples não foram observadas diferenças significativas entre as plantas de cobertura, entretanto, nas parcelas com fosfato natural a utilização do nabo resultou em maiores valores de microporosidade do solo, o que demonstra o bom aproveitamento de fósforo natural em função do seu desenvolvimento.

Na profundidade 5-10 cm as parcelas mantidas em pousio apresentaram maiores valores de microporosidade em relação às parcelas onde foram utilizadas plantas de cobertura, entretanto, as diferentes fontes de fósforo não ocasionaram efeito significativo sobre a variável microporosidade na profundidade considerada (Tabela 2).

Para a profundidade de 10-15 cm, nas parcelas sem fósforo, o nabo e o tremoço apresentaram menores valores de microporosidade, o que pode ter relação com os valores inadequados de P que prejudicam a utilização do N disponível, reduzindo o desenvolvimento destas plantas. Para Schindwein & Anghinoni (2000), a magnitude do efeito residual de fertilizantes depende do tipo, da frequência e da quantidade aplicada, sendo maior para elementos de menor mobilidade no solo, como o P. Segundo Muzilli (1983), o maior acúmulo de fósforo nas camadas superficiais do solo é explicado pela imobilidade e baixa solubilidade de seus compostos, sobretudo em solos de natureza ácida e com altos teores de argila.

**Tabela 3.** Médias da porosidade total do solo em profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15cm em área de lavoura sob efeito de fontes de fósforo e plantas de cobertura.

<b>POROSIDADE TOTAL</b>				
0-5 cm				
	Sem P	Solúvel	FN	Média
<b>Testemunha</b>	66,1 AB bc	70,6 A b	63,2 B b	<b>66,6</b>
<b>Tremoço</b>	70,8 AB b	61,2 B c	80,8 A a	<b>71,0</b>
<b>Nabo</b>	68,6 A bc	67,0 A bc	74,3 A ab	<b>70,0</b>
<b>Azevém</b>	78,6 AB a	83,4 A a	72,9 B ab	<b>78,3</b>
<b>Aveia</b>	62,8 A c	68,2 A bc	72,8 A ab	<b>67,9</b>
<b>Média</b>	<b>69,4</b>	<b>70,1</b>	<b>72,8</b>	
5-10 cm				
<b>Testemunha</b>	65,9	63,9	68,1	<b>66,0 a</b>
<b>Tremoço</b>	69,3	63,6	69,1	<b>67,3 a</b>
<b>Nabo</b>	64,3	58,3	70,4	<b>64,4 a</b>
<b>Azevém</b>	65,4	63,1	65,0	<b>64,5 a</b>
<b>Aveia</b>	71,8	64,4	67,3	<b>67,8 a</b>
<b>Média</b>	<b>67,4 A</b>	<b>62,7 A</b>	<b>68,0 A</b>	
10- 15 cm				
<b>Testemunha</b>	63,5	62,5	66,9	<b>64,3 ab</b>
<b>Tremoço</b>	67,4	66,7	67,1	<b>67,1 a</b>
<b>Nabo</b>	58,0	63,1	66,3	<b>62,5 b</b>
<b>Azevém</b>	65,0	64,1	66,5	<b>65,2 ab</b>
<b>Aveia</b>	62,8	67,5	70,1	<b>66,8 a</b>
<b>Média</b>	<b>63,3 B</b>	<b>64,8 B</b>	<b>67,4 A</b>	

\*Letras minúsculas diferem entre linhas e letras maiúsculas diferem entre colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

Foi observada interação significativa entre as fontes de fósforo e plantas de cobertura para a variável porosidade total apenas na profundidade de 0-5cm (Tabela 3). Nesta profundidade, nas áreas sem uso de fósforo, a aveia, o nabo e a testemunha tiveram menores valores, porém o azevém por ser uma gramínea, que possui um sistema radicular volumoso e tem o desenvolvimento de sua raiz principalmente em camadas pouco profundas obteve resultados bem acima dos valores obtidos pelas demais plantas de cobertura. Nas parcelas com uso de superfosfato simples o azevém ocasionou maiores valores de porosidade total do solo, fato que pode ser explicado pelo grande volume, densidade e dimensão das raízes, que se espalham por uma área maior que as demais plantas (PONTES (2001), podendo-se inferir que as plantas de azevem conseguiram utilizar melhor o P disponível na forma mineral. Nas parcelas com uso de fosfato natural o tremoço ocasionou maiores valores de porosidade total

em comparação com áreas em pousio, não se diferenciando estatisticamente das demais plantas de cobertura (Tabela 3).

Para a profundidade de 5-10cm não foram observadas diferenças significativas entre as fontes de fósforo e nem entre as plantas de cobertura (Tabela 3).

Na profundidade de 10-15 cm a porosidade total do solo foi maior em parcelas com uso de fosfato natural (Tabela 3), este fato pode ser decorrente da promoção de maior crescimento do sistema radicular no estágio inicial de desenvolvimento das culturas (Chien et al., 1996). Quanto às plantas de cobertura nesta profundidade, observa-se maiores valores da porosidade total em áreas com tremoço em comparação áreas com nabo forrageiro.

**Tabela 4.** Resultados de densidade total em profundidades de 0-5, 5-10 e 10-15cm.

<b>DENSIDADE TOTAL</b>				
0-5 cm				
	Sem P	Solúvel	FN	Média
<b>Testemunha</b>	1,24	1,09	1,13	<b>1,15 a</b>
<b>Tremoço</b>	1,19	1,18	1,12	<b>1,17 a</b>
<b>Nabo</b>	1,15	1,16	1,21	<b>1,17 a</b>
<b>Azevém</b>	1,28	1,03	1,11	<b>1,14 a</b>
<b>Aveia</b>	1,19	1,22	1,18	<b>1,19 a</b>
<b>Média</b>	<b>1,21 A</b>	<b>1,13 B</b>	<b>1,15 B</b>	
5-10 cm				
<b>Testemunha</b>	1,28	1,32	1,28	<b>1,29 a</b>
<b>Tremoço</b>	1,21	1,29	1,31	<b>1,27 a</b>
<b>Nabo</b>	1,23	1,30	1,30	<b>1,28 a</b>
<b>Azevém</b>	1,37	1,26	1,32	<b>1,32 a</b>
<b>Aveia</b>	1,31	1,33	1,31	<b>1,32 a</b>
<b>Média</b>	<b>1,28 A</b>	<b>1,30 A</b>	<b>1,30 A</b>	
10- 15 cm				
<b>Testemunha</b>	1,32	1,37	1,45	<b>1,38 a</b>
<b>Tremoço</b>	1,21	1,33	1,30	<b>1,28 b</b>
<b>Nabo</b>	1,27	1,36	1,32	<b>1,32 ab</b>
<b>Azevém</b>	1,33	1,33	1,41	<b>1,36 ab</b>
<b>Aveia</b>	1,34	1,33	1,36	<b>1,34 ab</b>
<b>Média</b>	<b>1,29 B</b>	<b>1,35 AB</b>	<b>1,37 A</b>	

Letras minúsculas diferem entre linhas e letras maiúsculas diferem entre colunas, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.



Para a variável densidade total não houve interação significativa entre fontes de fósforo e plantas de cobertura em nenhuma das profundidades avaliadas (Tabela 4).

Na profundidade de 0-5cm pode-se notar que onde não foi aplicado fósforo foram observados maiores valores de densidade do solo em comparação com as áreas onde foram aplicadas doses de fósforo (Tabela 4). Esses resultados podem ter relação com o desenvolvimento das plantas em função da disponibilidade de P, onde estas conseguem se desenvolver melhor onde há a aplicação de fósforo e em consequência disso há uma maior porosidade numérica na camada de 0-5cm, que apesar de não ser diferente estatisticamente, foi o suficiente para influenciar na densidade do solo. Abrão et al. (1979) consideram que o benefício da inclusão de plantas de cobertura está ligado principalmente a criação de poros biológicos de alta funcionalidade na aeração e infiltração de água no solo. Isto fica claramente evidenciado na tabela de densidade total do solo, onde houve aplicação de fontes de fosforo as plantas conseguem um melhor desenvolvimento, acarretando em uma menor densidade do solo na profundidade de 0-5 cm.

Plantas com raízes profundas, de crescimento inicial rápido e agressivo, podem recuperar solos fisicamente degradados, principalmente em associação de espécies, dentro de sistema de rotação de culturas. Ao crescer as raízes exercem pressão contra as partículas do solo, afastando-as, para permitir seu alongamento.

Nas profundidades de 5-10 e 10-15 cm os resultados se invertem, onde não houve aplicação de doses de fósforo a média foi menor se comparado as parcelas onde houve uso de diferentes fontes de fósforo. A capacidade de absorção do sistema radicular não aumenta em função do aumento do comprimento de raiz ou de sua área (HILLEL, 1998). Por isso a importância da adubação fosfatada no início do desenvolvimento das plantas.

Zevallos (1991) e Deinum (1985), constataram maior desenvolvimento de raízes nas camadas mais superficiais do solo, sendo esta mais importante para absorção de nutrientes e sustentação da parte aérea no caso de gramíneas. As raízes que se desenvolvem em profundidade têm melhor eficiência para auxiliar a planta em condições de estresse hídrico por explorar maior quantidade de solo, porem necessitam do auxílio do nutriente fósforo para conseguir atingir essas profundidades.

## 6 CONCLUSÃO

1. O uso de fontes de P contribui para o aumento da macroporosidade e redução da densidade total do solo em camadas superficiais.
2. O azevém demonstrou um aumento significativo de porosidade total do solo com o uso de superfosfato simples, em camadas superficiais.

## 10 REFERÊNCIAS

ABREU, S.L. *Propriedades hídricas e mecânicas afetadas por sistemas de manejo e variabilidade espacial de um Argissolo*. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. 65p, 2000.

ALAKUKKU, L.; ELOMEN, P. Long-term effects of a single compaction by heavy field traffic on yield and nitrogen uptake of annual crops. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.36, p.141-152, 1994.

ALVARENGA, R.C.; LARA C., W.A.; CRUZ, J.C.; SANTANA, D.P. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.25-36, 2001.

ASSOULINE, S.; TAVARES FILHO, J.; TESSIER, D. Effects of compaction on soil physical and hydraulic properties: experimental results modeling. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v.61, p.390-398, 1997.

BARRADAS, C.A. de A. Adubação Verde. Manual Técnico: Programa Rio Rural, Secretaria de Estado de Agricultura, Pecuária, Pesca e Abastecimento. Niterói-RJ. 2010.

BOATWRIGHT G.O.; VIETS Jr., F.G. Phosphorus absorption during various growth stages of spring wheat and intermediate wheatgrass. *Agronomy Journal*, v.58, p.185-188, 1966.

CAMARGO, O.A. *Compactação do solo e desenvolvimento de plantas*. Campinas, SP: Fundação Cargill, p.44, 1983.

CARNEIRO, A.M. 1996. Forragicultura. Escola Veterinária da UFMG. Belo Horizonte. p.86, 1996.

CASTRO FILHO, C.; CORSINI, P.C.; SOARES, D.; POLITANO, W. Acceptance of soil and water conservation strategies and technologies in Southern Brazil. In: BAUM, E.; WOLFF, P.; ZOBISCH, M. A. (Ed.). Acceptance of soil and water conservation. Strategies and Technologies. Topics in applied resource management in the tropics. *German Institute for Tropical and Subtropical Agriculture*, Witzenhausen, v.3, p.341-363, 1993.

DE JONG-HUGHES, J.; MONCRIEF, J.F.; VOORHEES, W.B.; SWAN, J.B. *Soil compacting: causes, effects and control*. Morris, Minnesota: University of Minnesota Extension Service, 2001.

GODEFROY, J.; JACQUIN, F. Relation entre la stabilité structurale des sols cultivés et les apports organiques en conditions tropicales; comparaison avec les sols forestiers. *Fruits*, Paris, v.30, p.595-612, 1975.

HAJABBASI, M.A.; JALALIAN, A.; KARIMZADEH, H.R. Deforestation effects on soil physical and chemical properties. *Plant and Soil*, Lordegan, v.190, p.301-308, 1997.

HILLEL, D. *Environmental soil physics*. New York: Academic Press, 771p. 1998.

LEBERT, M.; HORN, R. A method to predict the mechanical strength of agricultural soils. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.19, p.275-286, 1991.

LIMA, C.L.R. *Compressibilidade de solos versus intensidade de tráfego em um pomar de laranja e pisoteio animal em pastagem irrigada*. Tese (Doutorado em Agronomia) – Departamento de Solos e Nutrição de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, p.70, 2004.

MAIA, M. S. Forrageiras tropicais e subtropicais. In: MOLITERNO, H.; AMATO, A. L. P.; ARTOLA, A.; MAIA, M. S. Produção de sementes de forrageiras. ABEAS, Pelotas, RS, 2007.

PONTES, L. da S. Dinâmica de crescimento em pastagens de azevém anual (*Lolium multiflorum* Lam.) manejadas em diferentes alturas. 2001. 102f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

SANTOS, H.P. et al. Principais forrageiras para integração lavoura-pecuária, sob plantio direto, nas regiões Planalto e Missões do Rio Grande do Sul. Passo Fundo: Embrapa Trigo, p.142, 2002.

SCHAEFER, C.E.R.; SILVA, D.D.; PAIVA, K.W.N.; PRUSKI, F.F.; ALBUQUERQUE FILHO, M.R.; ALBUQUERQUE, M.A. Perdas de solo, nutrientes, matéria orgânica e efeitos microestruturais em Argissolo Vermelho-Amarelo sob chuva simulada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.37, n.5, p.669-678, 2002.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, Campina Grande, v.7, n.2, p.240-244, 2003.

SOANE, B.D. Process of soil compaction under vehicular traffic and means of alleviating it. In: LAL, R.; SANCHEZ, P.A.; CUMMINGS, R.W. *Land clearing and development in the tropics*. Rotterdam: Balkema Publisher, p.265-297, 1986.

SWAN, J.B.; MONCRIEF, J.F.; VOOHEES, W.B. *Soil compaction causes, effects, and control*. St. Paul: University of Minnesota, 1987.

TOPP, G.C.; REYNOLDS, W.D.; COOK, F.J.; KIRBY, J.M.; CARTER, M.R. Physical attributes of soil quality. In: GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R. *Soil quality for crop production and ecosystem health*. Amsterdam: Elsevier Science, p.21-58, 1997.

WIERMANN, C.; WERNER, D.; HORN, R.; ROSTEK, J.; WENER, B. Stress/strain processes in a structured silty loam Luvisol under different tillage treatments in Germany. *Soil and Tillage Research*, Amsterdam, v.53, p.117-128, 2000.