

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

RAQUEL CRISTINA RAMOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM
PLANTAS DE COBERTURA SOB DOIS REGIMES
HÍDRICOS**

**São Mateus – ES
Fevereiro de 2018**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO UNIVERSITÁRIO NORTE DO ESPÍRITO SANTO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA TROPICAL**

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM
PLANTAS DE COBERTURA SOB DOIS REGIMES
HÍDRICOS**

RAQUEL CRISTINA RAMOS

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical, para a obtenção do título de mestra em Agricultura Tropical.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires

**São Mateus – ES
Fevereiro de 2018**

Dados Internacionais de Catalogação na publicação (CIP)
(Divisão de Biblioteca Setorial do CEUNES - BC, ES, Brasil)

R175a Ramos, Raquel Cristina, 1992-
Atributos físicos do solo cultivado com plantas de cobertura
sob dois regimes hídricos / Raquel Cristina Ramos. – 2018.
51 f. : il.

Orientador: Fábio Ribeiro Pires.
Coorientador: Alessandra Ferreira Belo; Robson Bonomo.
Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical) –
Universidade Federal do Espírito Santo, Centro Universitário
Norte do Espírito Santo.

1. Solos - Análise. 2. Plantas e solo. 3. Solos - Qualidade. I.
Pires, Fábio Ribeiro. II. Belo, Alessandra Ribeiro. III. Bonomo,
Robson. IV. Universidade Federal do Espírito Santo. Centro
Universitário Norte do Espírito Santo. V. Título.

CDU: 63

RAQUEL CRISTINA RAMOS

**ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO CULTIVADO COM PLANTAS DE
COBERTURA SOB DOIS REGIMES HÍDRICOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agricultura Tropical.

Aprovada em 28 de fevereiro de 2018.

COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Ribeiro Pires
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Prof. Dr. Robson Bonomo
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientador



Dr. Alessandra Ferreira Belo
Universidade Federal do Espírito Santo
Coorientadora



Prof. Dr. Marcelo Suzart de Almeida
Universidade Federal do Espírito Santo

A Deus; aos meus pais, Maria Goreti e Sebastião, que por circunstâncias da vida não tiveram a oportunidade de estudar; aos meus irmãos Tatiane, Paulo Ricardo, Poliana, Débora, Samuel, Luiz Gustavo e Helena; aos meus sobrinhos Stephani e Davi; a minha avó Anita; a minha amiga e segunda mãe Dr^a Lenir Cardoso Porfirio; à todos os meus amigos da agroecologia, da homeopatia, da capoeira, da faculdade, da vida... Gratidão!

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora Aparecida.

À minha mãe Maria Goreti Henrique Ramos e meu pai Sebastião Ramos.

Aos meus irmãos Tatiane, Paulo Ricardo, Poliana, Débora, Samuel, Luiz Gustavo e Helena.

Aos meus avós, tios, primos, padrinhos, vizinhos e todos as boas pessoas que torceram por mim durante essa jornada.

Ao meu orientador professor Fábio Ribeiro Pires.

À coorientadora, amiga e alicerce na pesquisa, Alessandra Belo.

A todos os meus amigos que ficam felizes com mais essa etapa concluída, sobretudo Carol, Joana, Lenir, Lucas, Amanda e Bruna.

Aos colegas de graduação, pós-graduação e pós-doutorado.

Ao professor Robson Bonomo.

A todos os professores da Pós-Graduação, aos funcionários técnicos de laboratório e aos funcionários da secretaria.

Aos funcionários que mantem os prédios da universidade em plena organização e higiene.

A todos integrantes do NEU e do GOU por me aproximarem mais de Deus através dos encontros, orações e abraços fraternos.

À Universidade Federal do Espírito Santo. À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes) pelo apoio financeiro deste projeto de pesquisa. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento de bolsa durante todo o período do mestrado.

Aos meus amigos e professores do Ifes – Campus de Alegre.

A todos meus amigos e companheiros da agroecologia, da homeopatia, da capoeira e da vida que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho e minha formação pessoal e profissional.

GRATIDÃO!

BIOGRAFIA

Raquel Cristina Ramos, nascida em São José do Mantimento – MG, em 12 de dezembro de 1992, filha de Maria Goreti Henrique Ramos e Sebastião Ramos.

Concluiu o ensino fundamental na Escola Estadual Orosimbo Gomes de Moraes, em São José do Mantimento (MG) em 2006. No ano seguinte ingressou no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus de Alegre (Antiga EAFA), onde cursou o ensino médio concomitantemente com o curso técnico em Agropecuária, concluindo ambos em dezembro de 2009. Na mesma instituição concluiu o curso de Licenciatura em Ciências Biológicas em 2013, Bacharelado na mesma área em 2015 e Pós-Graduação Lato Sensu em Agroecologia, em fevereiro de 2016.

Em março de 2016 ingressou no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agricultura Tropical (PPGAT), na Universidade Federal do Espírito Santo - Campus São Mateus, concluindo em 2018.

SUMÁRIO

RESUMO	09
ABSTRACT	10
1. INTRODUÇÃO	13
2. REVISÃO DE LITERATURA	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5. CONCLUSÕES	44
6. REFERÊNCIAS	45

RESUMO

RAMOS, Raquel Cristina; M.Sc.; Universidade Federal do Espírito Santo; Fevereiro de 2018; **Atributos físicos do solo cultivado com plantas de cobertura sob dois regimes hídricos**; Orientador: Fábio Ribeiro Pires; Coorientadores: Robson Bonomo e Alessandra Ferreira Belo.

Dentre as práticas de conservação do solo, empregadas para melhorar a qualidade do solo e a produção, destaca-se a utilização de plantas com função de cobertura, que dispostas sobre a superfície do solo ou incorporadas, contribuem na manutenção da umidade, redução dos extremos de temperatura e incremento de matéria orgânica, refletindo positivamente sobre os atributos físicos do solo. Objetivou-se avaliar os atributos físicos do solo com uso de plantas de cobertura sob dois regimes hídricos, por dois anos agrícolas, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto na região Norte do Espírito Santo. O trabalho foi conduzido a campo, em um Argissolo Amarelo distrófico, utilizando delineamento experimental em blocos casualizados, em parcelas subdivididas, em esquema fatorial 2 x 6, com quatro repetições. As plantas de cobertura avaliadas foram: quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), *Brachiaria ruziziensis* e *Canavalia ensiformis*; as lâminas de irrigação fornecidas foram de 76 mm (L1) e 38 mm (L2). Foram avaliadas densidade de partículas (Dp), densidade do solo (Ds), volume total de poros (VTP), microporosidade (Mi), macroporosidade (Ma), diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP); condutividade hidráulica do solo saturado (Ksat) e resistência do solo à penetração (RMP). No primeiro ano de cultivo, poucas diferenças significativas foram observadas nos atributos Ds, DMG e DMP, na camada de 0 – 0,20 m. Em geral, maiores densidades do solo foram observadas na maior lâmina avaliada, independentemente da espécie de cobertura utilizada. A densidade do solo aumentou no segundo ano, porém houve o efeito das plantas de cobertura nas duas lâminas de irrigação avaliadas reduzindo a RMP com o tempo, indicando melhoria na

qualidade do solo. As plantas de cobertura interferem na melhoria dos atributos físicos do solo, principalmente em situações de estresse hídrico. O ADRf 6010 é a cultivar de milho mais indicada como planta de cobertura para a lâmina de 76 mm. E *B. ruziziensis* é a planta com os melhores resultados para a lâmina de 38 mm.

Palavras-chave: Época de semeadura, irrigação, cobertura do solo.

ABSTRACT

RAMOS, Raquel Cristina; M.Sc; Federal University of Espirito Santo; February 2018; **Physical attributes of cultivated soil with cover crops under two water regimes**; Advisor: Fábio Ribeiro Pires; Co-mentors: Robson Bonomo and Alessandra Ferreira Belo.

Among the soil conservation practices used to improve soil quality and production, we highlight the use of plants with a cover function, which are arranged on or embedded in the soil surface, contribute to the maintenance of humidity, reduction of extremes temperature and increase of organic matter, reflecting positively on the physical attributes of soil. The objective was to evaluate the physical attributes of the soil with the use of cover crops under two water regimes for two years in order to contribute to the adoption of no-tillage system in the northern region of Espírito Santo. The work was conducted in the field, in a dystrophic Yellow Argisol, using experimental design in DBC, in subdivided plots, in a 2 x 6 factorial scheme, with four replications. The cover plants evaluated were: four cultivars of *Pennisetum glaucum* (ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 and BRS 1501), *Brachiaria ruziziensis* and *Canavalia ensiformis*; the irrigation depths were 76 mm (L1) and 38 mm (L2). (Ds), total pore volume (VTP), microporosity (Mi), macroporosity (Ma), geometric mean diameter (DMG) and weighted mean diameter (DMP); hydraulic conductivity of the saturated soil (Ksat) and soil penetration resistance (RMP). In the first year of cultivation, few significant differences were observed in the attributes Ds, DMG and DMP in the 0-0,2 m layer. In general, higher soil densities were observed in the largest leaf, regardless of the cover species used. Soil density increased in the second year, but there was the effect of the cover plants on the two irrigation slides with the time reducing the PR, indicating improvement in soil quality. Cover plants interfere in the improvement of physical attributes, especially in situations of water stress. ADRf 6010 is the millet cultivation more indicated

as a cover plant for 76 mm blade. And *B. ruziziensis* was the plant with the best results for 38 mm.

Key words: Sowing season, irrigation, soil cover.

1. INTRODUÇÃO

O sistema convencional de preparo do solo se baseia na inversão da camada arável, proporcionando a desagregação da estrutura do solo e, como consequência, facilitando o transporte das partículas desagregadas pela enxurrada (CARVALHO, 2000; CARVALHO et al., 2004). Nele, a superfície do solo fica desprovida de cobertura vegetal e, quando esta superfície fica exposta aos agentes erosivos, estes estimulam a degradação física, química e biológica do solo, interferindo na qualidade do mesmo. Aratani et al. (2009) destaca que a degradação do solo acompanha à sua capacidade produtiva e sustentabilidade do sistema de manejo, tronando possível ser avaliada pelas propriedades físicas do solo.

Souza et al. (2012) destaca que em termos de conhecimentos e de produtividade por unidade de área em curto prazo, a expansão da agricultura nacional trouxe muito progresso para a ciência agrônômica. No entanto, o manejo intensivo e de forma equivocada ocasiona a degradação do solo e do meio ambiente; logo a agricultura sustentável desponta como um paradigma na agricultura atual, onde o discurso pela agricultura sustentável, ecológica, alternativa, orgânica, biodinâmica entre outras, tem felizmente, retomado práticas como a adubação verde, a orgânica, os cultivos mínimos, a rotação de culturas e outros manejos sustentáveis.

O preparo mínimo do solo e o sistema de plantio direto (SPD) são alternativas ao sistema convencional, e sua adoção no cenário atual da agricultura brasileira é prática presente e constante, por utilizar de princípios agroecológicos, o SPD proporciona ótimas condições para o estabelecimento e crescimento das plantas, além de garantir maior sustentabilidade no sistema produtivo, quando comparado ao sistema de plantio convencional (SILVA et al., 2009).

Na agricultura, os efeitos do sistema de plantio direto (principal forma de preparo reduzido ou cultivo mínimo) são bem conhecidos. Por exemplo, Schwen et al. (2011) verificaram em área de manejo

convencional do solo a redução da infiltração de água, constatando a maior condutividade hidráulica nas áreas com menor revolvimento do solo, como plantio direto e preparo mínimo. DeLaune e Sij (2012) verificaram que o plantio direto proporcionou maior infiltração de água em comparação às áreas de preparo convencional, observando ainda que o preparo mínimo do solo levou à redução das perdas de sedimentos.

Um dos fatores que compõem o tripé da sustentabilidade do plantio direto é a palhada mantida sobre a superfície, sem revolvimento do solo. Esta técnica preserva a qualidade do solo porque protege sua superfície do impacto da gota de água, conseqüentemente, evita o desprendimento e arraste das partículas do solo, impedindo o início do processo erosivo. Outras conseqüências positivas do sistema são: manutenção da umidade do solo e melhoria da fertilidade e estrutura do solo, controle de plantas daninhas e favorecimento do sistema biológico do solo (MENDONÇA et al., 2014).

As plantas de cobertura são utilizadas para a formação da palhada e prevenindo sua degradação, pois é uma prática de conservação que contribui para a reabilitação dos atributos do solo. Karlen et al. (1997) consideram como qualidade do solo, a capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano.

Atualmente, há várias espécies utilizadas como planta de cobertura, porém, são necessários estudos objetivando conhecer quais são as espécies e, ou, cultivares, e quais são as técnicas de manejo mais adequadas para cada condição edafoclimática.

Os atributos físicos do solo são considerados referência de qualidade do solo, manejados nos sistemas agrícolas, hierarquicamente mais importantes, referem-se à textura do solo, que é definida pela distribuição de tamanho de partículas, e à estrutura do solo, definida pelo arranjo das partículas em agregados. Reinert e Reichert (2006) relatam que a porosidade do solo, no entanto, é responsável por um conjunto de fenômenos e desenvolve uma série de mecanismos de importância na física dos solos, tais como retenção e fluxo de água e ar, e,

se analisada conjuntamente com a matriz do solo, gera um grupo de outras propriedades físicas do solo associadas às relações de massa e volume das fases do sistema solo, não sendo indiferente as propriedades ligadas à reação mecânica do solo a aplicação de forças externas.

No Norte do Estado do Espírito Santo, não há estudos sobre a seleção de espécies de plantas de cobertura para o SPD, sendo necessárias investigações e a definição de técnicas de manejo mais eficientes para as condições ambientais dessa região. Objetivou-se avaliar os atributos físicos do solo com uso de seis plantas de cobertura e dois regimes hídricos, por dois anos agrícolas, a fim de contribuir para adoção do sistema de plantio direto na região Norte do Espírito Santo.

2 . REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Atributos Físicos

A Soil Science Society of America (1997) define as propriedades físicas do solo como sendo características, processos ou reações de um solo que são causados por forças físicas e que podem ser descritos ou expressos em termos físicos ou equações. São exemplos de atributos físicos: a densidade do solo, a textura, a estrutura, a porosidade, a distribuição do tamanho dos poros, dentre outros estes são alguns dos importantes atributos do solo que interferem, na produção eficiente das culturas. Desse modo, se as propriedades físicas do solo encontram-se em condição favorável e sendo aliadas a condições ideais de manejo, tem-se um meio propício ao incremento na produção.

As propriedades físicas do solo influenciam principalmente as relações ar - água, a temperatura do solo e a resistência mecânica, que influencia de forma negativa na emergência das plântulas e/ou o crescimento radicular, conseqüentemente, afetando o crescimento das plantas (FAGERIA; STONE, 2006). O estabelecimento de relações entre atributos físicos do solo e o desenvolvimento e produção de plantas tem sido buscado por muitos anos, sendo encontrados para muitos casos. Porém, o que ocorre é que muitas vezes tais constatações não se repetem em condições similares. Com isso, sedimenta-se ainda mais a ideia de que valores ótimos relativos à qualidade física do solo, para melhorar a produtividade dos cultivos e manter ou melhorar as condições ambientais, ainda são largamente desconhecidos (REYNOLDS et al., 2002).

Os atributos físicos do solo vêm sendo utilizados para o estudo de qualidade por apresentarem vantagens relacionadas ao baixo custo de obtenção e à relação direta com os atributos químicos do solo (MENDES et al., 2006). A qualidade física do solo, quando relacionada com o crescimento das plantas é determinada não só pela disponibilidade de água, aeração e temperatura, mas também faz parte deste processo a

resistência que a matriz do solo oferece à penetração das raízes (HAMBLIN, 1985; LETEY, 1985).

A partir do momento em que os solos são utilizados na produção agrícola, com uso intensivo de práticas inadequadas, ocorrem modificações nos seus atributos físicos, químicos e biológicos originais, acarretando em perda de qualidade do solo (CAVENAGE et al., 1999). Esses fatores ou propriedades da qualidade do solo podem ser modificados ou melhorados, por meio de práticas de manejo, embora algumas características do solo, como profundidade, declividade, textura e mineralogia, que contribuem significativamente para a sua qualidade, sejam pouco modificadas com o manejo (FAGERIA; STONE, 2006). Já outras como estabilidade de agregados, macro e microporosidade, densidade do solo, dentre outras são afetadas diretamente pelo manejo do solo.

Os atributos físicos do solo são considerados indicadores eficientes da saúde do solo, manejados nos sistemas agrícolas, uma vez que são resultantes de processos contínuos impressos pelo manejo adequado. Segundo Pragna et al. (2012) os indicadores mais usados para a qualidade são a resistência mecânica e a penetração, conteúdo de água no solo, estabilidade de agregados, densidade, macro e microporosidade; principalmente por variarem de acordo com o sistema de manejo e permitirem o monitoramento contínuo.

Importante para o manejo e estudo da qualidade física dos solos, a estabilidade de agregados é um atributo físico estudado, por estar relacionado a diversos atributos físicos, químicos e biológicos, exercendo uma influência direta sobre a movimentação de água, a transferência de calor, a aeração, a densidade e a porosidade do solo, assim como a resistência à penetração de raízes e o selamento e o encrostamento superficial do solo (TAVARES FILHO et al., 2012).

Para estudos de movimento de água e solutos no solo a condutividade hidráulica saturada do solo (K_{sat}) é uma importante propriedade, sendo também dependente dos outros atributos do solo, destacando-se densidade do solo, densidade de partículas, porosidade total, macro e microporosidade; e para entender sobre os processos físicos

que ocorrem, a caracterização e um maior entendimento desta dependência torna-se fundamental (MESQUITA; MORAES, 2004).

2.2 Plantio Direto

O sistema plantio direto (SPD) é interpretado como ferramenta da Agricultura Conservacionista capaz de induzir caráter de sustentabilidade à agricultura, por ser constituído de práticas que, necessariamente, implicam em rotação de culturas, mobilização do solo exclusivamente na linha de semeadura e cobertura permanente do solo (CASSOL et al., 2007). Caracterizado por não revolvimento do solo, envolve um conjunto de técnicas que revolucionaram a agricultura brasileira, pois resultam, além de aumentos na produtividade das principais culturas produtoras de grãos, na preservação e melhoria da capacidade produtiva do solo (SALTON et al., 1998), pela redução da erosão, reciclagem de nutrientes, atividade biológica e manejo de resíduos culturais (CERETTA et al., 2002), tornando-se importante instrumento para a manutenção e recuperação da capacidade produtiva de solos manejados convencionalmente e de áreas degradadas.

O SPD chegou ao Brasil na década de 70, na região Sul, no intuito de reduzir a erosão do solo e minimizar impactos ambientais oriundos do manejo convencional, como o uso de fogo para eliminar os restos culturais e aliado a arações e gradagens, que culminavam no aumento dos problemas de erosão, de infiltração e do escoamento superficial das águas, com a consequente perda de nutrientes do solo e queda da produtividade agrícola (SILVA et al., 2009). Porém, o SPD teve seu foco de desenvolvimento a partir da década de 1990 no Brasil e já se encontra bastante difundido entre os agricultores de grãos do país (SOUZA et al., 2012).

O plantio direto com a palhada mantida sobre a superfície, sem revolvimento do solo preserva a qualidade do solo protegendo sua superfície do impacto da gota de água, consequentemente, evita o desprendimento e arraste das partículas do solo, impedindo o início do

processo (CARDOSO et al., 2012) Quando há remoção da cobertura vegetal para exploração agrícola o solo é exposto à ação direta do clima, e, quando submetido à intensa atividade de cultivo, há o impacto sobre os processos físicos, químicos e biológicos, modificando sua qualidade (PORTUGAL et al., 2012; RANGEL; SILVA, 2007).

Atualmente encontramos vários modelos produtivos sendo praticados no Brasil, porém o preparo conservacionista do solo está ancorado num conjunto de medidas que visam potencializar e manter sua capacidade produtiva com sustentabilidade (PERUSI, AL ZAHER, 2012). No modelo de produção soja/milheto, por exemplo, as sementes de milheto, geralmente são distribuídas a lanço e incorporadas ao solo com grade niveladora. Essa mobilização superficial do solo promove rápida decomposição da matéria orgânica, impede adequada formação e manutenção de cobertura morta e ainda incrementa custos no controle de plantas daninhas, além disso, neste modelo, ainda não se tem efetivamente a rotação de culturas, mas sim uma sucessão combinando práticas biológico-culturais com práticas mecânico-químicas (ANGHINONI, 2007).

Os benefícios do plantio direto para toda a sociedade se dão na conservação dos recursos naturais, reduzindo de modo significativo a erosão, o assoreamento e a poluição de rios e cursos d'água; deste modo preserva-se a biodiversidade do solo, da água e da superfície terrestre, condiciona-se o ambiente para a manutenção e, muitas vezes, para o aumento da produtividade agropecuária (SATURNINO, 2001).

Sales et al. (2016) destacam que um Latossolo, ao ser cultivado no SPD, associado com gramíneas, apresentou os melhores indicadores físicos do solo sob condições climáticas do semiárido, mantendo a agregação do solo semelhante à mata nativa, enquanto o plantio convencional reduziu a agregação e o acúmulo de carbono no solo; verificaram também que o cultivo de sorgo e milho no sistema de plantio direto aumentou a quantidade de cobertura morta.

Amado et al. (2001) constataram que a utilização da mucuna no plantio direto de milho apresentou-se como alternativa eficiente em promover aumento no estoques de C orgânico e N total do solo, também

constataram que as plantas de cobertura associadas ao SPD demonstraram potencial para recuperar o teor de MO.

Melhorias do solo foram evidenciadas por Costa et al. (2003), que observaram a redução da densidade do solo em subsuperfície e aumento da estabilidade de agregados na camada superficial, após 21 anos de adoção do SPD; evidenciando que a melhoria nas propriedades físicas do solo, contribuiu para os maiores rendimentos acumulados de soja e milho naquele sistema de manejo.

Outras consequências positivas do SPD são: manutenção da umidade do solo e melhoria da fertilidade e estrutura do solo (MENDONÇA et al., 2014), controle de plantas daninhas e favorecimento do sistema biológico do solo. Desta forma, o preparo conservacionista é altamente recomendável independentemente do tamanho da propriedade, porém, junto à agricultura familiar, pode reduzir significativamente o custo da produção (PERUSI; AL ZAHER, 2012).

2.3 Plantas de Cobertura

Há tempos utilizam-se plantas de cobertura sobre a superfície do solo para a formação da palhada, que previne sua degradação ou melhora sua qualidade, pois é uma prática de conservação que contribui para a reabilitação dos atributos do solo. A partir da modernização da agricultura houve um grande estímulo ao uso da mecanização, de adubos minerais industrializados e de defensivos agrícolas, desencadeando intensa deterioração da cobertura do solo com seu preparo intensivo (SOUZA, et al. 2012).

O uso de plantas de cobertura, em sistemas conservacionistas de manejo de solo, apresenta-se como uma prática básica, pois protege a superfície contra os agentes erosivos (SCHICK et al., 2000). Souza, et al. (2008) acrescenta que o uso de plantas de cobertura de solo se apresenta como uma maneira econômica que o agricultor dispõe para realizar adubação orgânica, produzindo o adubo no próprio local.

Adubação verde é prática que tem contribuído para a sustentabilidade da agricultura, por proporcionar melhoria nos atributos

químicos, físicos e biológicos do solo (ALCÂNTARA et al., 2000; CUNHA et al., 2011) influenciando em melhores rendimentos para as culturas em sucessão ou rotação. As leguminosas herbáceas constituem algumas das espécies mais utilizadas como adubos verdes, por terem como particularidade o fato de formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, proporcionando, desta forma, a incorporação de quantidades expressivas deste nutriente essencial nos sistemas de cultivo, sendo assim além de contribuírem com a sua produção de biomassa, contribuem para aumento da biomassa dos cultivos subsequentes (CORRÊA et al., 2014).

As plantas de cobertura do solo são considerados importantes indicadores da qualidade do solo por desempenharem importante papel no fluxo de energia, na ciclagem de nutrientes, na manutenção da umidade e da temperatura do solo, no fornecimento de matéria orgânica, estimulando a atividade biológica e na redução da erosão causada por ventos e chuvas, agindo também como reguladora e protetora (FERREIRA et al., 2010; FERREIRA et al., 2011).

Andrade et al. (2009) reportam que as culturas de cobertura, especialmente as gramíneas, favoreceram a agregação do solo na camada superficial, mantendo-a ou aumentando em relação à apresentada pelo solo sob mata nativa. Das culturas de cobertura estudadas, as leguminosas guandu e crotalária, e o milho consorciado com braquiária, foram as que mantiveram a camada superficial do solo cultivado com boa qualidade física.

A seleção das plantas a serem cultivadas é de fundamental importância para a recuperação e manutenção da qualidade do solo, sendo necessário o conhecimento quanto à produção de massa seca e tempo de decomposição da espécie vegetal a ser utilizada (ANDREOTTI et al., 2008). O consórcio, opção de uso de plantas de cobertura, quando praticado de maneira tecnicamente correta, proporciona o aumento da quantidade de palha, visando à melhor cobertura do solo para a realização da semeadura direta e muitas vezes o aumento de produtividade na cultura sequente e/ou a antecipação da formação de pastagem (CHIODEROLI et al., 2010).

Cardoso et al. (2012) verificaram, no sul do estado de Minas Gerais, que o maior índice de cobertura proporcionou o melhor crescimento e desenvolvimento de plantas de feijão-de-porco, que apresentaram maior potencial no controle dos processos erosivos, pois propicia menores perdas de solo e água, em relação à crotalaria júncea, que foi a outra planta de cobertura estudada, visando à conservação do solo.

Nozaki e Vendrusculo (2010) apontam o milheto (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown) como sendo uma das melhores espécies a ser cultivada na entressafra como planta de cobertura em Toledo-PR, devido ao alto acúmulo de matéria seca e macronutrientes, além do baixo custo das sementes, e com um sistema radicular bem desenvolvido pode ainda apresentar certa tolerância a seca.

Jakelaitis et al. (2008) observaram que em áreas de pastagens de *B. brizantha*, formada após rotação com soja sob plantio direto, obtiveram-se maior retenção de água comparado às áreas de cultivo agrícola e pastagem sob manejo extensivo, deixando visível que a cobertura do solo proporcionada pelas pastagens e o manejo adequado do solo proporcionou aporte de serapilheira ao solo, assim como a sua estruturação promoveu a redução da evaporação de água, de modo que a umidade do solo é mantida, melhorando a disponibilidade de água.

Ohland et al. (2005) apontam que o uso de plantas de cobertura, sobretudo as leguminosas, antecedendo a cultura do milho em SPD, demonstra ser uma alternativa promissora na suplementação de N. Sendo que a qualidade do resíduo vegetal, principalmente sua relação C/N, e a disponibilidade de N mineral na solução do solo influenciam na taxa de decomposição e no aproveitamento do N destes resíduos pela cultura do milho (VIEIRA, 2009).

A palhada na superfície do solo influencia diretamente a relação solo-água. Stone e Moreira (2000), apontam uma maior eficiência do uso da água pelo feijoeiro no sistema de plantio direto com cobertura morta, apresentando uma economia de água de 14 a 30%, dependendo do porte da planta de feijão. Andrade (2001), ao comparar o efeito de diversas percentagens de cobertura do solo pela palhada sobre o consumo de água do feijoeiro em plantio direto, verificou que o tratamento de 100% de

cobertura propiciou economia de água de 27% em relação ao tratamento sem cobertura.

Em regiões tropicais a presença de invernos secos é um desafio à escolha e obtenção de plantas adaptadas, capazes de produzir suficiente quantidade de cobertura vegetal na estação seca e que possam ser empregadas em sistemas de rotação de culturas. Nesse sentido, Ramos Junior et al. (2013), com um experimento em casa de vegetação no estado de São Paulo, observaram que o sorgo granífero e o sorgo-de-guiné, por apresentarem certa tolerância a condições de baixa disponibilidade hídrica, devido ao abundante sistema radicular, e o milho, por apresentar elevado potencial produtivo de matéria seca, são boas opções para a produção de matéria seca na entressafra, enquanto a aveia preta é prejudicada por temperaturas mais elevadas não sendo considerada apropriadas para esse fim.

Amabile et al. (2006) destacam algumas das espécies de gramíneas e leguminosas que são utilizadas na cobertura de solo, para rotação, sucessão, consórcio e integração agricultura-pecuária, sendo: crotalária (*Crotalaria juncea*), milho (*Pennisetum americanum*), guandu (*Cajanus cajan*), sorgo (*Sorghum bicolor*), capim pé-de-galinha (*Eleusine coracana*), mucuna (*Mucuna pruriens*), feijão-bravo-do-ceará (*Canavalia brasiliensis*) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*).

2.3.1 Plantas de Cobertura no Espírito Santo

O plantio direto é muito difundido na maior parte do país (BERTOL et al., 2007; BERTOL et al., 2013; MECABÔ JÚNIOR et al., 2014), no entanto, no Estado do Espírito Santo, esta prática ainda não se consolidou, especialmente, por falta de tradição agrícola na produção de grãos em alta escala e devido ao relevo acidentado na maior parte do Estado.

No Norte do Espírito Santo, na região geomorfologicamente denominada de Tabuleiros Costeiros (RADAMBRASIL, 1987), onde o relevo permite a mecanização, a situação começa a modificar-se. Nesta região, em face da escassez de água nos anos recentes, tem-se observado uma migração de áreas antes cultivadas com mamão e café, sob aspersão

via pivô central, para grãos no sistema de plantio direto, particularmente, feijão e milho. Nessas áreas, recém iniciadas no sistema, a formação e a persistência de palhada tem sido um dos maiores desafios à sua sustentabilidade, em razão das altas temperaturas, associadas à umidade via irrigação, que favorecem à rápida decomposição dos resíduos vegetais, afetando assim a permanência da palhada produzida (PARIZ et al., 2011).

O uso de práticas conservacionistas deve permitir a manutenção de uma cobertura eficiente do solo, com boa produção de biomassa, como ocorre no emprego de plantas de cobertura, utilizadas no sistema plantio direto. Partelli et al. (2011), em um estudo em lavoura de café conilon, com o emprego de plantas de cobertura, verificaram que as leguminosas contribuíram com a fixação biológica de nitrogênio, variando entre as plantas de cobertura utilizadas, fornecendo parte do necessário para o desenvolvimento da cultura.

Várias espécies são utilizadas atualmente como planta de cobertura, no entanto, há a necessidade de estudos objetivando conhecer quais são as espécies e, ou, cultivares, e quais as técnicas de manejo mais adequadas para cada condição de solo e clima, reconhecidamente distintos nas diversas regiões onde o sistema é adotado. No norte do Estado do Espírito Santo, sobretudo na região dos tabuleiros costeiros, não há estudos sobre espécies mais adequadas à formação de palhada para o sistema de plantio direto, sendo necessárias investigações que busquem essa seleção e a definição de técnicas de manejo mais eficientes para as condições ambientais dessa região.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área

O trabalho foi conduzido a campo na Fazenda Experimental do campus da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), no município de São Mateus-ES. O clima da região conforme classificação de Köppen é Aw, tropical com estação seca no inverno e verão chuvoso (ALVARES et al., 2013).

O solo é classificado como Argissolo Amarelo distrófico (SANTOS et al., 2013), textura areia franca / franco-arenosa (TABELA 1), A moderado, fase relevo plano a suave ondulado. Esse solo apresenta como característica principal o horizonte superficial arenoso, seguido de maneira geral com horizonte subsuperficial com aumento significativo dos teores de argila.

O local utilizado para o desenvolvimento do experimento foi, por muito tempo, antes da implantação da Fazenda Experimental em 2010, cultivado com a espécie do gênero *Eucalyptus* spp. e, após a destoca deste em 2011, começaram a ser desenvolvidos experimentos científicos envolvendo o cultivo de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*) e crotalária (*Crotalaria juncea*), por um ciclo. Ainda hoje, alguns restos de raízes de eucalipto são encontrados na área.

Tabela 1: Classificação textural do solo na área experimental. Município de São Mateus – ES

Profundidade	Análise Granulométrica			Classificação Textural
	Areia	Silte	Argila	
m		g kg ⁻¹		
0-0,20	819	38	143	Areia franca
0,20-0,40	775	51	174	Franco-arenosa

Classificação adotada conforme Santos et al. (2013).

3.2 Plantio da aveia antes do experimento

Considera-se que, com base no histórico da área, havia certa heterogeneidade no solo em função daquelas culturas antecessoras e principalmente, devido à operação de destoca do eucalipto, que promoveu intenso revolvimento do solo e até inversão de camadas, em pontos diversos da área experimental. Por isso, anteriormente à introdução do plantio definitivo do experimento, realizou-se o plantio de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb), visando à sua homogeneização em termos de cobertura e preparo do solo; planta anual de ciclo curto e que se desenvolve bem no outono, inverno e início da primavera, optou-se pelo plantio da cultivar Embrapa 29 (Garoa) por ser uma espécie de boa produção de massa e adaptada às condições da região Sudeste, porém sem histórico de estudo de seu cultivo no norte do Espírito Santo (CARDOSO et al., 2014). Antes do plantio da aveia-preta, predominava na área a espécie *Brachiaria* sp.

Antes do preparo do solo para o plantio da aveia-preta, em torno de 20 dias, realizou-se a dessecação das plantas daninhas com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}), adicionado do espalhante adesivo Etilenoxi ($0,5 \text{ mL L}^{-1}$). Em seguida, foi realizado o preparo convencional do solo com uma aração, duas garagens e ainda o uso de uma grade niveladora. Não houve correção da acidez do solo e nem aplicação de adubos minerais ou orgânicos. O plantio da aveia-preta foi mecanizado, com sulcos espaçados de 0,30 m, e ocorreu no dia 03 de julho de 2015. A cultura não foi irrigada. Aos 70 DAS (dias após a semeadura), em 10 de setembro de 2015, a aveia foi manejada por meio de dessecação manual com o herbicida Glifosato (2 L ha^{-1}).

3.3 Delineamento experimental e tratamentos

O experimento foi montado seguindo o delineamento experimental de blocos casualizados (DBC), em parcelas subdivididas 6 x 2, com quatro repetições, totalizando 48 unidades experimentais (FIGURA 1). Os tratamentos consistiram de dois regimes suplementares de irrigação nas

parcelas, regime hídrico 1 (L1) referente a 76 mm e regime hídrico 2 (L2) com 50% desse volume de água, correspondendo a 38 mm, e nas subparcelas seis plantas de cobertura, sendo quatro cultivares de *Pennisetum glaucum* (L.) R. Brown (Milheto - ADR 300, ADR 500, ADRf 6010 e BRS 1501), *Canavalia ensiformis* (L.) DC. (feijão-de-porco) e *Brachiaria ruziziensis* Germain & Evrard cv. Comum (braquiária).

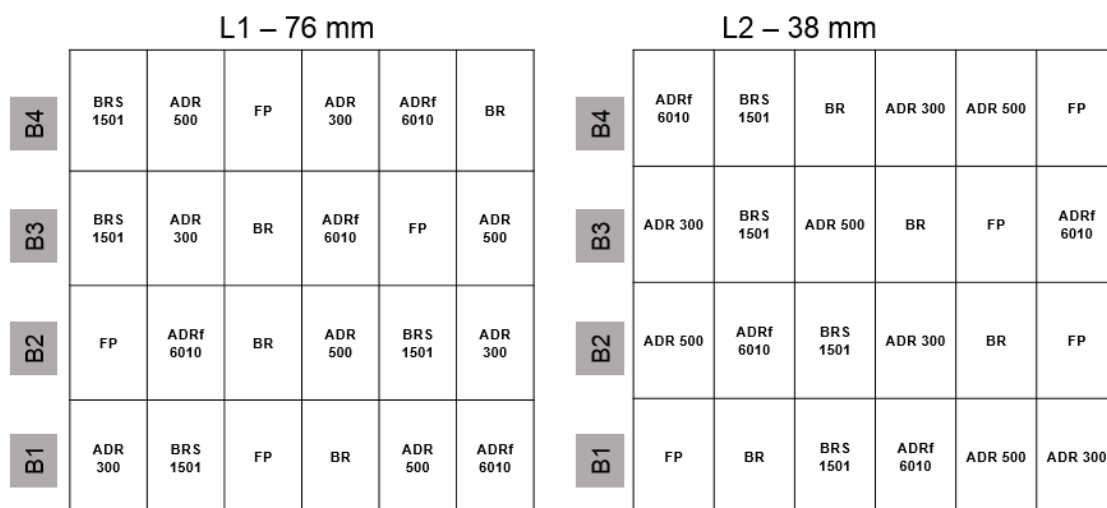


Figura 1: Croqui da área demonstrando o delineamento em blocos casualizado.

BR: *B. ruziziensis*; FP: *C. ensiformis*. Área da unidade experimental: 45 m² (5 x 9 m).

3.4 Implantação, condução do experimento e corte – Ano 1

Antes do plantio das espécies de cobertura foram coletadas amostras de solo para caracterização química e textural do solo realizada segundo metodologia da Embrapa (SANTOS et al., 2013). Diante dos resultados, recomendou-se calagem e adubação de plantio, visando suprir as necessidades médias das espécies.

A aplicação de calcário dolomítico ocorreu de forma manual, sem incorporação, em 30 de novembro de 2015 (50 dias antes do plantio), com quantidades distintas de calcário para cada bloco, de acordo com o método de saturação por bases (QUAGGIO, 1983), elevando o valor de 'V' para

60%. Para área sob L1 e sob L2 aplicaram-se 851, 555, 480 e 926 kg ha⁻¹ e 167, 480, 704 e 463 kg ha⁻¹ de calcário nos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente.

A abertura dos sulcos de plantio e a adubação de semeadura foram realizadas mecanicamente, com semeadora-adubadora de plantio direto, com 6 linhas, aplicando-se 500 kg ha⁻¹ do formulado 04-14-08 (15 g por metro). A semeadura foi realizada, manualmente, em 19 de janeiro de 2016 e a densidade de semeadura das plantas de cobertura foi definida em função de cada espécie, sendo para a braquiária, 100 sementes por metro (28 kg ha⁻¹), para o feijão-de-porco, 4 sementes por metro (100 kg ha⁻¹) e para o milho, 70 sementes por metro (16 kg ha⁻¹). Não houve adubação de cobertura.

A subparcela foi composta de 16 linhas com 9 m de comprimento, espaçadas em 0,30 m de largura. Houve necessidade de realizar o replantio dos cultivares de milho e do feijão-de-porco em 05 de fevereiro de 2016, em função da ocorrência de falhas em alguns pontos de algumas parcelas. Não houve replantio da braquiária.

O sistema de irrigação utilizado foi o de aspersão, com espaçamento de 12 m entre linhas e entre aspersores (12 m x 12 m). Os aspersores utilizados foram Asperjato® Júnior ¾ F, bocais 2,5 x 2,5, com vazão de 780 L h⁻¹. Dada à condição de grande escassez de água no período que antecedeu ao plantio e durante a condução do experimento (Figura 2), as lâminas de irrigação foram limitadas, sendo de 76 mm (L1) e 38 mm (L2), com intensidade de aplicação de água dos aspersores de 5,42 mm h⁻¹. A irrigação foi cessada aos 29 DAS na área sob L2 e aos 52 DAS na área sob L1, para diferenciação dos regimes hídricos utilizados.

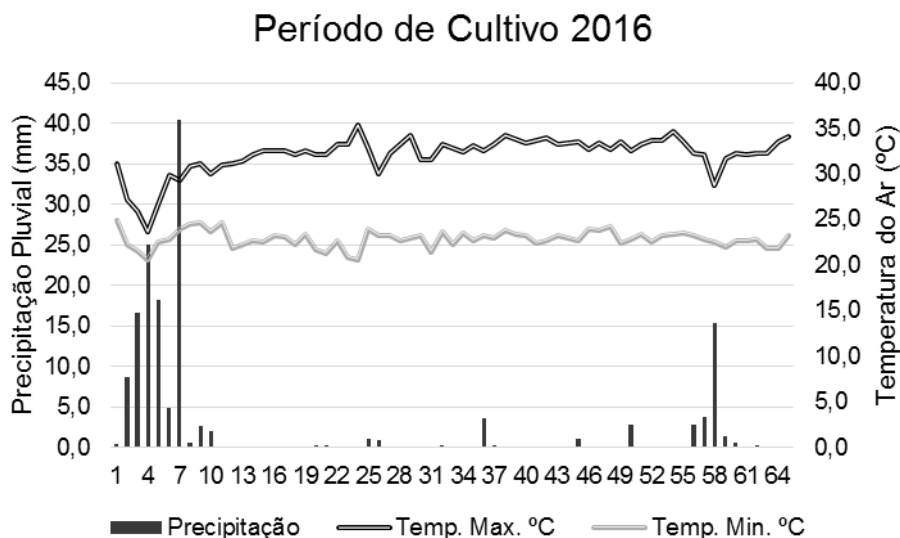


Figura 2: Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas no período do plantio ao corte das plantas de cobertura, no Ano 1.

O manejo de plantas daninhas foi feito com capinas manuais deixando as parcelas cobertas unicamente com as plantas de cobertura.

As plantas foram conduzidas por 65 dias até o pleno florescimento, momento em que foram manejadas por atingir o ponto de corte. Optou-se por realizar o manejo da braquiária também nesta mesma época, visando à uniformização dos procedimentos. O manejo de corte foi realizado a aproximadamente 5 cm do solo com roçadeira manual, deixando o material vegetal cortado sobre a superfície do solo.

3.5 Implantação, condução do experimento e corte – Ano 2

O experimento no Ano 2 foi realizado na mesma área do Ano 1, posicionando os tratamentos nas mesmas parcelas/subparcelas. O plantio do 2º ano ocorreu dia 11 de novembro de 2016. Os tratamentos, a densidade de semeadura das plantas de cobertura, o espaçamento, a adubação e os tratos culturais foram os mesmos usados no Ano 1.

A condução das plantas de cobertura se deu até os 74 dias, momento em que as plantas foram cortadas do mesmo modo que no 1º ano, isso se deu no dia 24 de janeiro de 2017, com as mesmas lâminas de irrigação adotadas no Ano 1. Os dados climáticos estão na Figura 3.

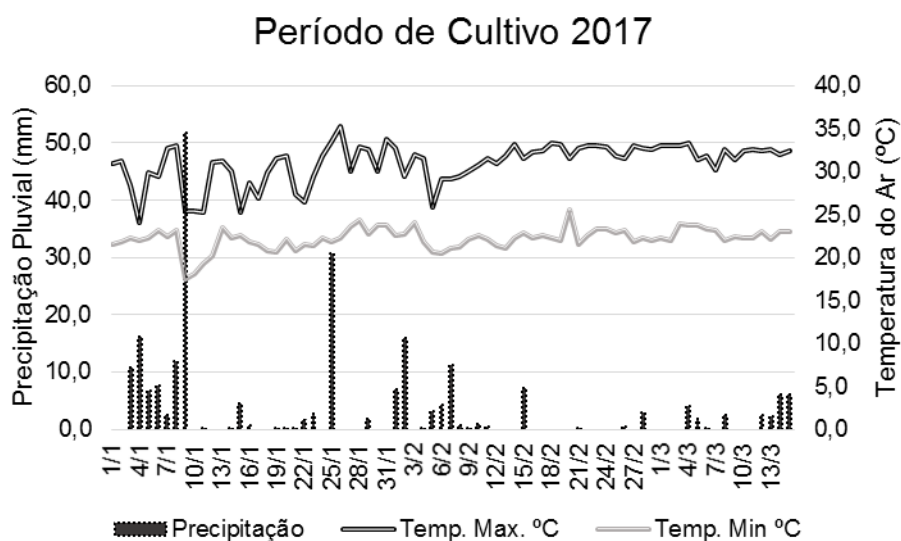


Figura 3: Precipitação pluvial e temperaturas máximas e mínimas no período do plantio ao corte das plantas de cobertura, no Ano 2.

3.6 Amostragens, avaliações e determinações

A coleta de solo para determinação dos atributos físicos ocorreu em setembro de 2016 para o Ano 1 e maio/junho de 2017 para o Ano 2.

Foram coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo em duas profundidades (0,0 – 0,20 m e 0,20 a 0,40 m), aproximadamente no centro de cada subparcela, totalizando 96 amostras. As amostras deformadas foram retiradas com auxílio de trado tipo sonda. Já as amostras indeformadas foram coletadas com anel volumétrico de aproximadamente 93 cm³ de capacidade, totalizando também 96 amostras, e para coleta de agregados (torrões) foi necessário o auxílio de enxadão.

As amostras foram encaminhadas para o laboratório de Física do Solo da UFES Campus São Mateus e os seguintes atributos determinados: densidade do solo (Ds), densidade de partículas (Dp), macroporosidade (Ma), microporosidade (Mi), volume total de poros (VTP), estabilidade de agregados expressa em valores pelo diâmetro médio geométrico (DMG) e diâmetro médio ponderado (DMP).

A Dp foi determinada pelo método do balão volumétrico e a Ds foi determinada pelo método do anel volumétrico conforme Donagema et al.

(2011). A M_i foi determinada empregando-se mesa de tensão (6 kPa), tendo a massa do solo saturado e a massa após drenagem na mesa de tensão calculou-se o VTP, e a M_a pela diferença entre a VTP e a M_i , (DONAGEMA et al., 2011). DMP e DMG foram calculados por meio do índice de estabilidade de agregados via úmida, conforme proposto por Donagema et al. (2011).

Em campo, nas próprias unidades experimentais (UE), as subparcelas, foi determinada a condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}), empregando-se permeâmetro de Gelpi com carga constante, a duas profundidades (15 e 35 cm) em cada UE (EMBRAPA, 1997). Já a resistência do solo à penetração (RMP), em seis repetições por subparcela, registrando o número de impactos até atingir a profundidade de 0,4 m, com o uso de um penetromêtro de impacto modelo planalsucar (STOLF, 1984).

3.7 Análises dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância. Para os efeitos significativos, compararam-se as médias entre os atributos do solo pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância, com o auxílio do software SISVAR (FERREIRA, 2000).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Análise de Variância indicou diferenças significativas entre os tratamentos para a maioria das variáveis (TABELAS 2 e 3), excetuando-se condutividade hidráulica.

4.1 Ano 1 de cultivo - 2016

No primeiro ano de cultivo (2016), poucas diferenças significativas foram observadas nos atributos D_s , DMG e DMP, na camada de 0 – 0,20 m (TABELA 2). Em geral, maiores densidades do solo foram observadas na

maior lâmina, independentemente da espécie de cobertura utilizada. A menor D_s foi observada quando o milho ADRf 6010 foi cultivado com menor lâmina de irrigação, sendo a D_s , em média, 16% menor em comparação com D_s sob mesma cultivar, porém, com maior lâmina.

Havendo modificação do espaço poroso haverá alteração da D_s ; o uso principal da densidade do solo é como indicador da compactação, assim como para medir alterações da estrutura e da porosidade do solo. Os valores normais para solos arenosos variam de 1,2 a 1,9 g cm⁻³ (REINERT; REICHERT, 2006).

O aumento na densidade do solo associado a maiores lâminas de irrigação na camada superficial também foi observado por Santos e Ribeiro (2000). O aumento na densidade do solo em irrigações aéreas deve-se à diminuição do espaço de poros entre agregados e não dentro de agregados; áreas sob constante irrigação, não sofrem eventos de contração e expansão intensos, e sabendo-se que tais processos promovem a recuperação estrutural do solo (CHINN; PILLAI, 2008), Gubiani et al. (2015) mostraram que, tanto em laboratório quanto em campo, sucessivos eventos de contração e expansão reduziram a densidade do solo.

Do mesmo modo observa-se pouca diferença significativa para M_a , M_i e VTP (TABELA 2). Dentre as espécies estudadas nota-se que *B. ruzizensis* apresentou maior valor para M_a na primeira camada, sob 76 mm de irrigação, conseqüentemente, demonstrando o mesmo comportamento para VTP. O mesmo ocorre para M_i com ADRf 6010 e BRS 1501, na camada de 0,20 – 0,40 m, só que, nesse caso, com 38 mm de irrigação.

Há uma tendência de menores valores de M_a e maiores de M_i na camada de 0,20 - 0,40 m, provavelmente, relacionada à textura da área mais arenosa na superfície do que em subsuperfície.

Tabela 2: Densidade do solo (DS), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Volume Total de Poros (VTP) em 2 profundidades em função de lâminas de irrigação e plantas de cobertura no Ano 1 (2016)

	DS (mg m ⁻³)				DMG (mm)				DMP (mm)			
	Profundidade (m)											
	0- 0,2		0,2-0,4		0- 0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
ADR 300	1,74 A	1,64 Bab	1,64 b	1,68 ab	3,63	4,10	2,21 Bab	3,52 Aa	4,13	4,27	3,11 B	4,03 Aa
ADR 500	1,76	1,66 ab	1,77 Aa	1,68 Bab	3,78	3,86	2,02 b	2,11 bc	4,23	4,22	3,11	2,57 b
ADRf 6010	1,70 A	1,54 Bb	1,68 Aab	1,62 Aab	3,43	3,83	1,88 Bb	3,17 Aab	3,97	4,19	2,85	3,54 ab
BRS 1501	1,64	1,59 ab	1,63 Bb	1,72 Aa	3,17 B	3,85 A	3,29 a	3,23 ab	3,83 B	4,24 A	3,79	3,84 a
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	1,71	1,70 a	1,68 ab	1,60 b	3,44 B	4,16 A	2,05 b	1,86 c	4,01 B	4,32 A	2,97	3,96 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	1,69	1,62 ab	1,61 b	1,59 b	3,61 B	4,14 A	3,36 a	3,09 bc	4,12	4,36	3,94	4,03 a
CV Parcela (%)	4,27		2,90		6,60		31,39		5,29		23,34	
CV Subparcela (%)	3,97		3,20		9,35		16,58		5,07		10,30	
	Ma (m ⁻³ m ⁻³)				Mi (m ⁻³ m ⁻³)				VTP (m ⁻³ m ⁻³)			
	Profundidade (m)											
	0- 0,2		0,2-0,4		0- 0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
ADR 300	0,28	0,26	0,29	0,24	0,14	0,16	0,16	0,17	0,42	0,43	0,42 ab	0,43 ab
ADR 500	0,26	0,25	0,24	0,21	0,14	0,18	0,18	0,21	0,41	0,41	0,42 ab	0,42 ab
ADRf 6010	0,29	0,27	0,27	0,22	0,14	0,16	0,16 B	0,23 A	0,43	0,43	0,41 Bb	0,46 Aa
BRS 1501	0,25	0,24	0,27	0,20	0,14	0,15	0,15 B	0,25 A	0,41	0,41	0,42 Aab	0,41 Ab
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0,29 A	0,22 B	0,22	0,22	0,16	0,16	0,22	0,20	0,42 A	0,37 B	0,40 b	0,42 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	0,28	0,27	0,29	0,26	0,14	0,16	0,20	0,22	0,42	0,43	0,46 a	0,42 ab
CV Parcela (%)	6,94		24,45		11,85		17,18		5,35		3,37	
CV Subparcela (%)	10,30		21,65		25,79		25,61		6,75		5,51	

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. L1 – Lâmina de irrigação 1 (76mm); L2 – Lâmina de irrigação 2 (38 mm).

4.2 Ano 2 de cultivo – 2017

No Ano 2 as plantas de cobertura apresentaram interações significativas como as lâminas de irrigação utilizadas (TABELA 3). Ds, DMP, Mi, e VTP apresentaram maiores valores na lâmina de 38 mm de irrigação, enquanto Ma não apresentou diferença na primeira camada.

Para DMG observa-se a *B. ruziziensis* destacou-se na camada superficial nas duas condições de irrigação, e na camada mais profunda na segunda lâmina de irrigação, entende-se que devido a decomposição da cobertura vegetal, o acúmulo de matéria orgânica estabiliza a estrutura do solo pelo efeito cimentante na formação de agregados, corroborando com Barreto et al. (2009).

Santos et al. (2012) verificaram que ao usar braquiária como um de seus tratamentos, esta apresentou maior estabilidade de agregados e DMP na camada superficial do solo; sendo os menores valores desses atributos observados na área cultivada com crotalária. Pode-se associar esse resultado à presença do sistema radicular abundante e agressivo da braquiária e à exsudação de compostos orgânicos por suas raízes que, possivelmente, contribuem para a formação de agregados mais estáveis.

A densidade e a porosidade do solo são sensíveis às mudanças do manejo do solo, sendo considerados, portanto, bons indicadores físicos da qualidade do solo (SEQUINATTO et al., 2014).

Tabela 3: Densidade do solo (DS), Diâmetro Médio Geométrico (DMG), Diâmetro Médio Ponderado (DMP), Macroporosidade (Ma), Microporosidade (Mi) e Volume Total de Poros (VTP) em 2 profundidades em função de lâminas de irrigação plantas de cobertura no Ano 2 (2017).

	DS (mg m ⁻³)				DMG (mm)				DMP (mm)			
	Profundidade (m)											
	0-0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
ADR 300	1,71 ab	1,68	1,69 ab	1,75 ab	1,12 Bc	2,41 A	1,69 Aab	1,84 Aabc	2,25 Bc	3,09 Aab	2,42 abc	2,65 ab
ADR 500	1,62 Bb	1,78 Aa	1,71 Ba	1,80 Aa	2,21 ab	2,06	2,25 Aa	1,44 Bc	2,95 ab	2,80 ab	3,08 Aa	2,28 Bb
ADrf 6010	1,73 ab	1,64	1,75 a	1,67 b	1,67 Bbc	2,47 A	1,71 Bab	2,32 Aab	2,56 Bbc	3,07 Aab	2,33 Bbc	3,03 Aa
BRS 1501	1,73 ab	1,72	1,72 a	1,79 ab	2,40 Aab	1,84 B	1,22 b	1,57 bc	2,80 abc	2,80 ab	1,93 Bcd	2,72 Aab
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	1,81 a	1,79	1,73 a	1,74 ab	2,58 a	2,50	0,94 Bb	2,59 Aa	3,20 a	3,37 a	1,50 Bd	3,17 Aa
<i>Canavalia ensiformis</i>	1,68 ab	1,67	1,58 Bb	1,76 Aab	1,74 bc	1,86	2,22 a	2,24 ab	2,48 bc	2,62 b	2,97 ab	2,89 ab
CV Parcela (%)	3,25		3,95		19,52		21,79		9,73		17,63	
CV Subparcela (%)	4,29		2,91		17,54		19,44		10,15		11,49	
	Ma (m ⁻³ m ⁻³)				Mi (m ⁻³ m ⁻³)				VTP (m ⁻³ m ⁻³)			
	Profundidade (m)											
	0-0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4		0-0,2		0,2-0,4	
	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2	L1	L2
ADR 300	0,26	0,26	0,25 ab	0,24 a	0,12	0,13	0,11 a	0,13 b	0,39 a	0,39	0,37	0,36 ab
ADR 500	0,28	0,24	0,21 ab	0,17 ab	0,12	0,12	0,14 Ba	0,20 Aa	0,40 a	0,38	0,35	0,34 b
ADrf 6010	0,22	0,26	0,21 ab	0,20 ab	0,12	0,14	0,12 Ba	0,17 Aab	0,34 Bab	0,40 A	0,34	0,38 ab
BRS 1501	0,24	0,22	0,24 ab	0,23 a	0,11	0,14	0,12 Ba	0,17 Aab	0,36 ab	0,36	0,36 B	0,41 Aa
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	0,20	0,22	0,19 b	0,22 ab	0,12	0,14	0,16 a	0,14 ab	0,32 b	0,36	0,34	0,36 ab
<i>Canavalia ensiformis</i>	0,25	0,25	0,26 Aab	0,16 Bb	0,13	0,17	0,12 a	0,16 ab	0,37 ab	0,39	0,39	0,36 ab
CV Parcela (%)	26,25		6,43		28,57		14,51		9,97		8,76	
CV Subparcela (%)	14,11		16,48		25,28		21,90		7,43		6,99	

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na coluna e maiúscula na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância. L1 – Lâmina de irrigação 1 (76mm); L2 – Lâmina de irrigação 2 (38 mm).

4.3 Análise comparativa Ano 1 X Ano 2

Ao fazer uma comparação usando as médias (valores absolutos) entre os resultados de cada atributo, separadamente, por ano, observa-se que Ma, Mi, VTP, DMG e DMP tendem a ser menores no segundo ano (FIGURAS 4, 5, 6, 7 e 8), diferindo apenas para Ds apresentando-se comportamento inverso (FIGURA 4), o que corrobora com Bertol et al. (2001) onde afirma que na maioria dos sistemas de semeadura direta, a ausência quase que completa de preparo por longo tempo reduz o volume de macroporos e eleva a densidade do solo sem, contudo, prejudicar o SPD que ao mesmo tempo incrementa matéria orgânica nos horizontes superficiais. Mesmo contando com apenas 2 anos de uso da área, os resultados para Ds apontam para este mesmo comportamento.

Evidencia-se que o sistema de manejo utilizado proporcionou alterações na estrutura do solo, evidenciadas por modificações de sua densidade, afetando a resistência mecânica do solo à penetração, a porosidade total e o diâmetro dos poros. Tal resultado corrobora com Klein et al. (2008), que verificaram a porosidade total tendo comportamento oposto ao da densidade, tendo o plantio direto escarificado apresentado volume de poros 4,97% maior do que o plantio direto.

Em estudo numa área de cana-de-açúcar, Pacheco e Cantalice (2011) notaram que a Ds foi a variável mais importante, confirmando seu efeito direto sobre a resistência à penetração do Argissolo, na profundidade de 0,20 a 0,40 m.

Há também uma tendência de que a *C. ensiformis* (feijão-de-porco) apresente os maiores valores de DMG, DMP, Ma e VTP (FIGURAS 3, 4, 5 e 7) indicando que esta espécie, notadamente por seu crescimento rápido, além de eficiente e rápida cobertura do solo, seja uma das mais indicadas para a finalidade de cobertura do solo mesmo com relação C/N menor que os milhetos e a braquiária, podendo ser usada associada a gramíneas, visando à melhoria da qualidade do solo.

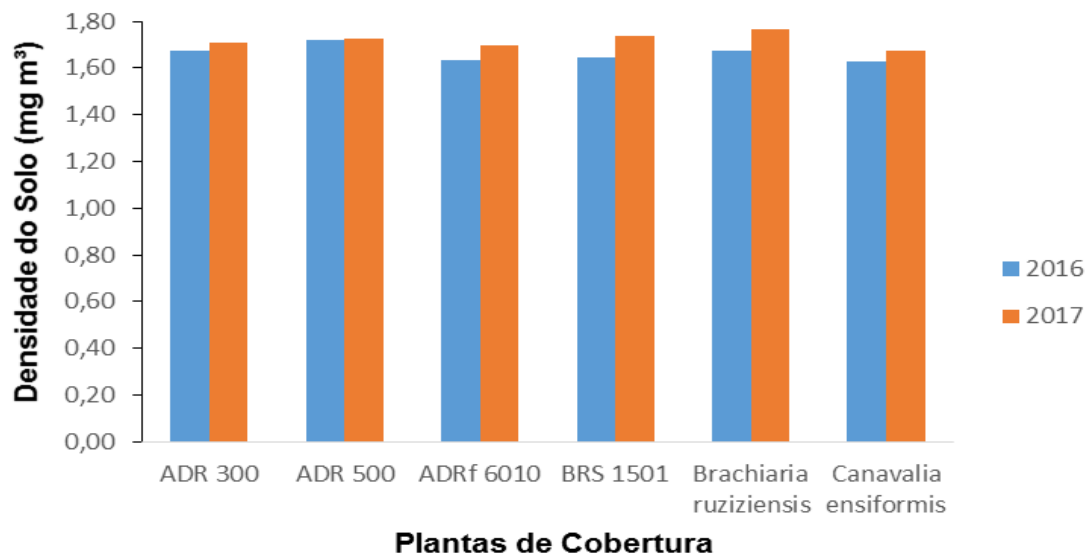


Figura 4: Média geral para Densidade do solo em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

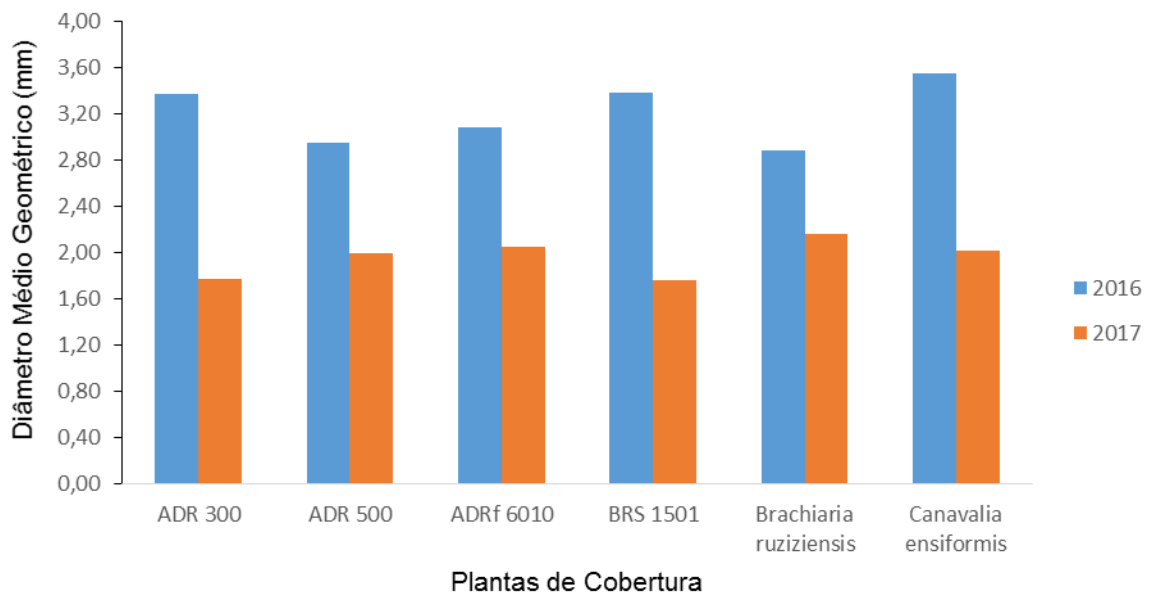


Figura 5: Média geral para Diâmetro Médio Geométrico em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

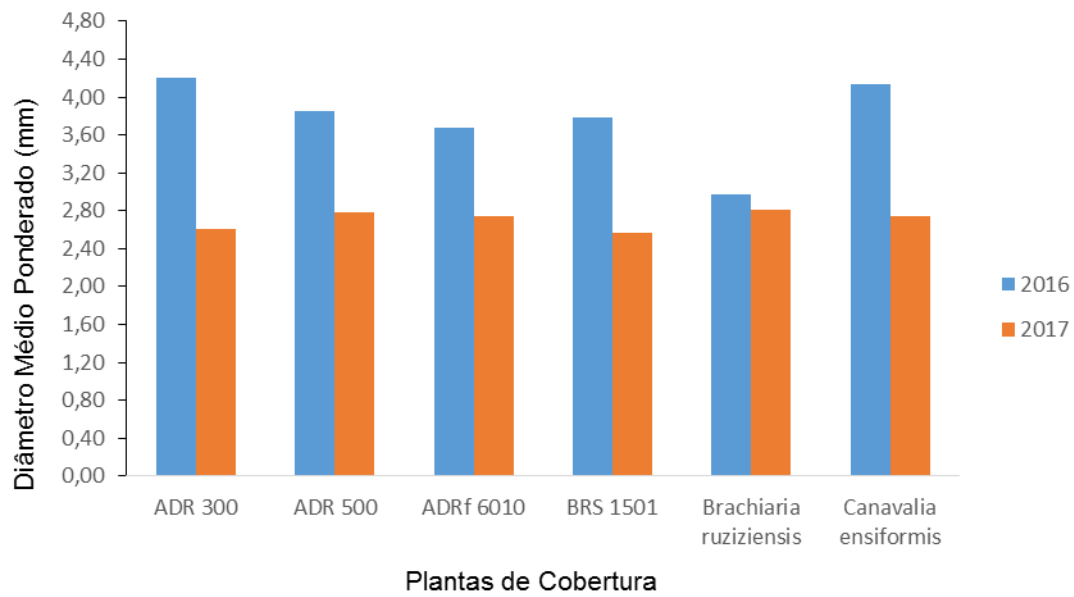


Figura 6: Média geral para Diâmetro Médio Ponderado em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

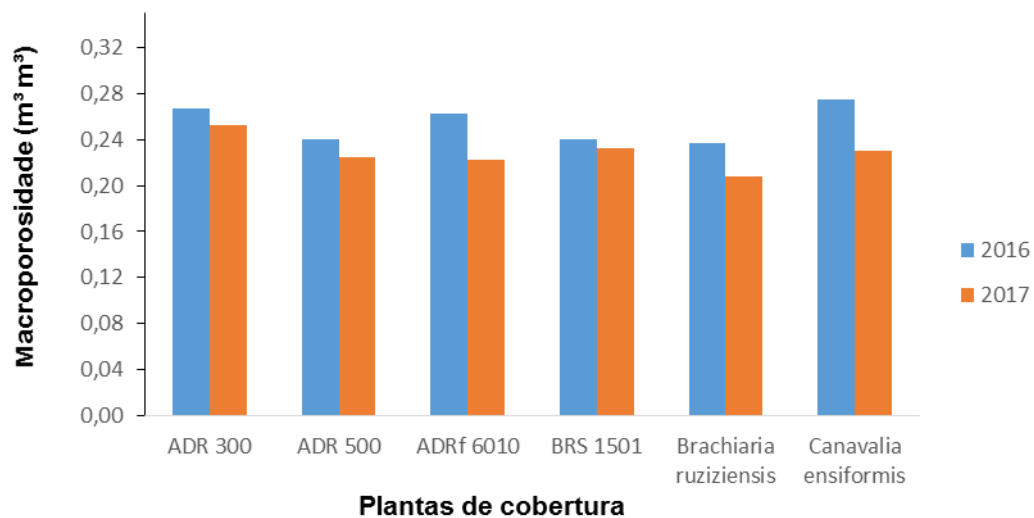


Figura 7: Média geral para Macroporosidade em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

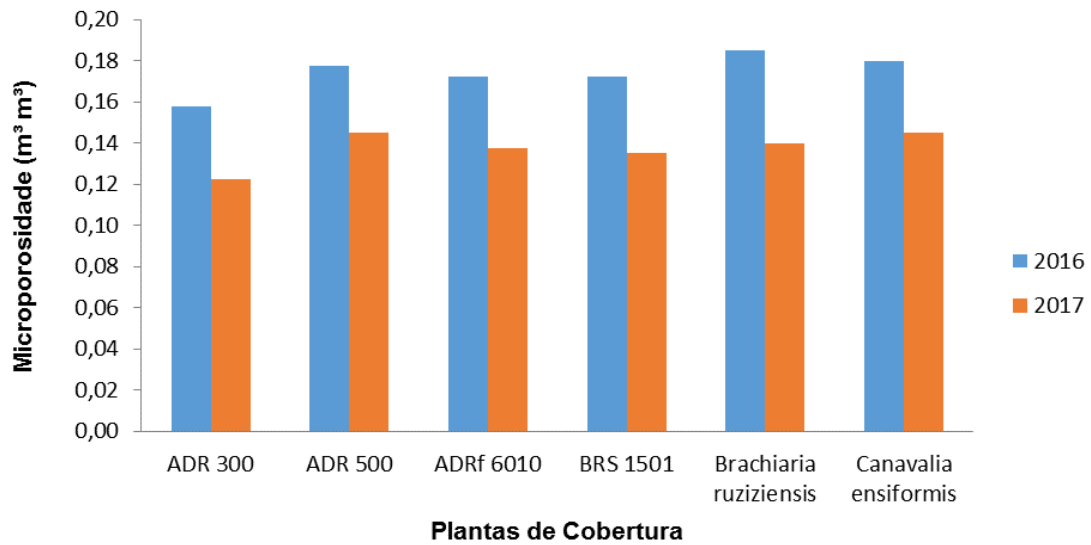


Figura 8: Média geral para Microporosidade em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

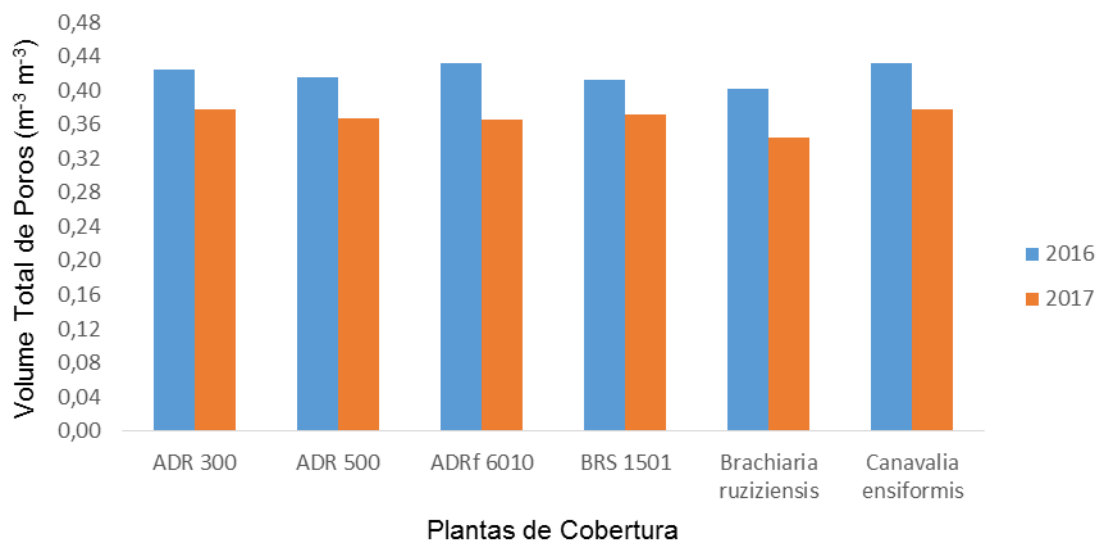


Figura 9: Média geral para Volume Total de Poros em dois anos agrícolas (2016 e 2017) em função do cultivo de plantas de cobertura do solo.

4.4 Resistência Mecânica do solo à Penetração - RMP

A RMP exibiu um comportamento muito variável em função das espécies, considerando as lâminas de irrigação e os anos agrícolas (FIGURA 10). No primeiro ano e na maior lâmina, FP e ADR 500 tiveram os menores valores enquanto BRS 1501 os maiores. Esses resultados confirmam Guimarães et al. (2013) como sendo o milheto efetivo na redução da compactação do solo, dentre eles os cultivares ADR 500 e ADR 300, bem como o FP como leguminosa agressiva cujas raízes podem contribuir na agregação do solo.

Ainda em 2016, mas considerando a menor lâmina, ADR 300 e ADRf 6010 se destacam na RMP, sem diferir de BRS 1501, que havia sido o menos efetivo para lâmina de 76 mm, e ainda, apresentando ADR 500 como a espécie menos efetiva, com desempenho muito inferior às demais (FIGURA 10).

Já para o ano de 2017 a RMP diferiu entre as espécies nas três primeiras camadas, 0,0 – 0,10 m, 0,10 - 0,20 m e 0,20 – 0,30 m, sob 76 mm de irrigação, onde o solo sob cultivo de ADR 500 se destacou com os menores valores de RMP enquanto FP exibiu os maiores valores. Este pior desempenho para FP também é verificado para a lâmina de 38 mm (FIGURA 10), levando-se a concluir que algo pode ter prejudicado esta espécie no segundo ano.

Destaca-se também o desempenho nos dois anos agrícolas do ADR 500, favorecido pela maior lâmina de irrigação utilizada (76 mm) e desfavorecido pela menor lâmina (FIGURA 10). Isso pode indicar que este genótipo é mais exigente em umidade no solo. Por outro lado, o ADRf 6010 e o BRS1501 se destacaram quando a água aplicada ao solo foi menor (38 mm).

Observa-se resistência moderada nas camadas mais superficiais, até 0,20 m, e alta resistência nas camadas de 0,20 a 0,40 m, mesmo com os valores de umidade sempre maiores na camada de 0,20 - 0,40 m (FIGURA 10). Pode-se atribuir tal resultado à condição de maior concentração de argila no horizonte Bt do Argissolo utilizado no experimento, cuja influência torna-se mais intensa do que o efeito da presença das plantas de cobertura avaliadas.

Contata-se ainda que houve redução da RMP no segundo ano agrícola (FIGURA 10), divergindo do que se esperava em função dos dados de Ds.

No ano 1 notou-se que a variedade de milheto BRS 1501 apresentou uma redução significativa na camada de 0,30 - 0,40 m, sob 38 mm de irrigação. Já no

ano 2, ADR 300 e ADR 500 se destacaram sob 76 mm de irrigação (FIGURA 10), corroborando assim com Guimarães et al. (2013) que observaram, em um experimento realizado em Goiás, o potencial da cultura do milho como planta descompactadora do solo.

No ano 2 nota-se que na primeira camada 0,0 - 0,10 m a RMP foi maior do que no ano anterior (FIGURA 10), o que vai de encontro ao que afirmam Sales et al. (2016), onde a compactação superficial do solo é mais intensa no plantio direto em relação ao plantio convencional, mas não altera a retenção de água.

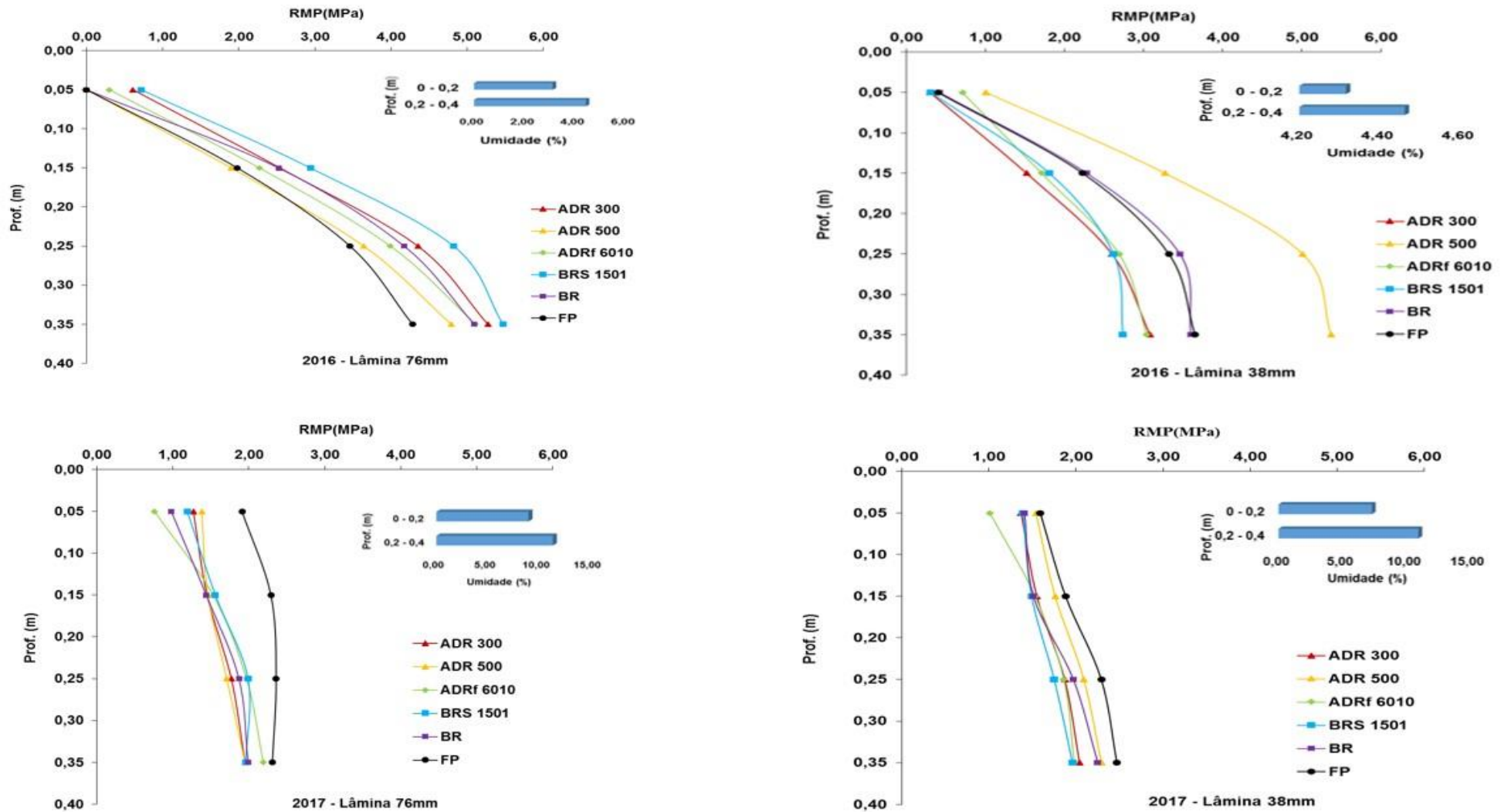


Figura 10: Resistência Mecânica do solo à Penetração (RMP) em dois anos agrícolas (2016 e 2017), sob 76 mm e 38 mm de irrigação, sob plantas de cobertura do solo.

4.5 Condutividade hidráulica saturada do solo (Ksat)

Para Ksat não foi registrada diferença estatística pelo teste de Tukey a 5% de significância (FIGURA 11), entre as plantas de cobertura e lâminas de irrigação utilizadas. Evidencia-se, para esta variável, um comportamento bastante distinto em todas as comparações. De acordo com Mesquita e Moraes (2004), a determinação de Ksat em laboratório e em campo produz resultados com elevada dispersão, o que indica que esta propriedade é altamente variável.

A maioria das espécies apresentou maior condutividade hidráulica até 0,20 m e com 76 mm de irrigação, com exceção de ADRf 6010. Este milho destacou-se na camada superficial, porém, na segunda lâmina de irrigação. A *B. ruziziensis* de modo geral apresentou resultados mais conexos e equilibrados nas duas profundidades (FIGURA 11).

Outra inferência é que em praticamente todas as plantas de cobertura, exceto para a *B. ruziziensis*, a Ksat foi menor na camada de 0,20 - 0,40 m para L2. A característica do Argissolo empregado no estudo, com horizonte A de textura arenosa e Bt mais denso, provavelmente explique a maior Ksat na camada de 0,0 - 0,20 m.

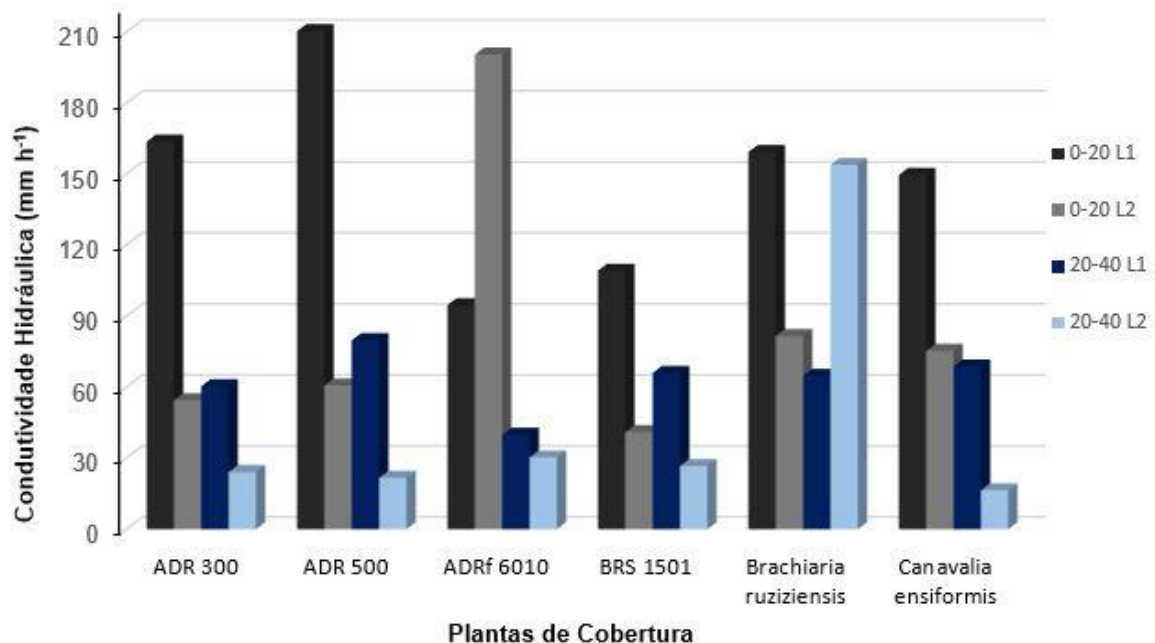


Figura 11: Média geral para condutividade hidráulica do solo em duas profundidades, sob 76 mm (L1) e 38 mm (L2) de irrigação e sob plantas de cobertura.

4.6 Considerações e recomendações

Os resultados indicam que as plantas de cobertura interferem na melhoria dos atributos físicos, principalmente em situações de estresse hídrico. Todavia, nenhuma delas se destaca em todos os atributos avaliados, ou seja, para cada situação de maior ou menor déficit, a espécie indicada poderá ser diferente. Por exemplo, ADR 500 e ADRf 6010 parecem destacar-se quando a disponibilidade hídrica é maior (TABELA 3). Já a *B. ruziziensis* tem comportamento inverso. E ainda a *C. ensiformis* exibe bom desempenho, considerando a comparação média dos dois anos (FIGURAS 3, 4, 5 e 7), corroborando tais afirmações, em estudo desenvolvido por Wohlenberg et al. (2004) em sistema de rotação e culturas, onde a *C. ensiformis* apresentou aumento para diâmetro médio ponderado na terceira época de plantio. As espécies testadas tiveram comportamento bastante distinto quanto à resposta ao déficit hídrico.

Os resultados também indicaram que a *B. ruziziensis* parece se desenvolver melhor sob as condições adversas do déficit hídrico, apesar das referências sobre a rusticidade do milho (DAN et al., 2010) e sua indicação para regiões de melhor precipitação e para a entressafra (Ramos Junior et al., 2013). Uma provável explicação é o fato de que os genótipos de milho empregados no presente trabalho tratem de cultivares e híbridos cuja resposta produtiva dependa de condições ambientais ótimas.

A densidade do solo aumentou no segundo ano de cultivo consecutivo com as mesmas plantas de cobertura, porém, houve o efeito das plantas de cobertura nas duas lâminas de irrigação com o tempo (segundo ano), diminuindo a RMP e, com isso, indicando melhoria na qualidade do solo. O tempo de avaliação é considerado pequeno para sistemas conservacionistas, mas pode notar a tendência de efeito significativo das plantas de cobertura e a importância do manejo da irrigação.

Diante do exposto, recomenda-se a continuidade do experimento e, ou, a condução de novos estudos com maior tempo de duração para se concluir de forma segura sobre os efeitos nos outros atributos físicos do solo.

5. CONCLUSÕES

- As plantas de cobertura interferem na melhoria dos atributos físicos do solo, principalmente em situações de estresse hídrico.
- ADRf 6010 é a cultivar de milho mais indicada como planta de cobertura para maior lâmina de irrigação (76 mm) na região norte do Espírito Santo.
- *B. ruziziensis* é a planta de cobertura com os melhores resultados quanto aos atributos físicos do solo para menor lâmina de irrigação (38 mm) na região norte do Espírito Santo.
- A densidade do solo aumentou no segundo ano de cultivo consecutivo com as mesmas plantas de cobertura.
- A resistência mecânica do solo à penetração reduziu nas duas condições de irrigação no segundo ano de cultivo para todas as plantas de cobertura estudadas.
- As lâminas de irrigação influenciam nos atributos físicos do solo.

6. REFERÊNCIAS

- ALCÂNTARA, F. A.; FURTINI NETO, A. E.; DE PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, n.2, p.277-288, 2000.
- ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. Koppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v.22, n.6, p.711-728, 2013.
- AMABILE, R. F.; CARVALHO, A. M. Histórico da adubação verde. In: CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. (Ed.). **Cerrado: adubação verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, p. 23-40, 2006.
- AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A.C.R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p. 189-197, 2001.
- ANDRADE, R. da S. **Consumo relativo de água pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) no Sistema Plantio Direto em função da percentagem de cobertura morta do solo**. Lavras: UFLA, 52p. 2001. Dissertação Mestrado.
- ANDRADE, R. S.; STONE, L. F.; SILVEIRA, P. M. Culturas de cobertura e qualidade física de um Latossolo em plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, n. 4, p.411- 418, 2009.
- ANDREOTTI, M.; ARALDI, M.; GUIMARÃES, V. F.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S. Produtividade do milho safrinha e modificações químicas de um latossolo em sistema plantio direto em função de espécies de cobertura após calagem superficial. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 30, n.1, p. 109 -115, 2008.
- ANGHINONI, I. Fertilidade do solo e seu manejo em sistema plantio direto. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F. de; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.). **Fertilidade do solo**, p. 873-928. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2007.
- ARATANI, R. G.; FREDDI, O. S.; CENTURION, J. F.; ANDRIOLI, I. Qualidade física de um Latossolo Vermelho Acriférico sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n.3, p. 677-687, 2009.
- BARRETO, R. C.; MADARI, B. E.; MADDOCK, J. E. L.; MACHADO, P. L. O. A.; TORRES, E.; FRANCHIN, J.; COSTA, A. R. The impact of soil management on aggregation, carbon stabilization and carbono loss as CO₂ in the surface layer of a Rhodic Ferralsol in Southern Brazil. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 132, n. 1, p. 243- 251, 2009.

BERTOL, I., RAMOS, R. R.; BARBOSA, F. T.; PAZ GONZÁLEZ, A.; RAMOS, J. C.; BANDEIRA, D. H. Water erosion in no tillage monoculture and intercropped systems along contour lines. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 37, n. 2, p. 521 - 528, 2013.

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

BERTOL, I.; ENGEL, F. L.; MAFRA, A. L.; BERTOL, O. J.; RITTER, S. R. Phosphorus, potassium and organic carbon concentrations in runoff water and sediments under different soil tillage systems during soybean growth. **Soil & Tillage Research**, v. 94, n. 3, p.142 – 150, 2007.

CALEGARI, A. Plantas de cobertura. In: CASÃO JUNIOR, R.; SIQUEIRA, R.; MEHTA; Y. R.; PASSINI, J. J. (Ed.). **Sistema plantio direto com qualidade**. Londrina: IAPAR, p. 55-73, 2006.

CARDOSO, D. P.; SILVA, M. L. N.; CARVALHO, G. J.; FREITAS, D. A. F.; AVANZI, J. C. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 632–638, 2012.

CARVALHO, M. A. C. **Adubação verde e sucessão de culturas em semeadura direta e convencional em Selvíria – MS**. 198f. Tese (Doutorado), Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2000.

CARVALHO, M. A. C.; SORATTO, R. P.; ATHAYDE, M. L. F.; ARF, O.; SÁ, M. E. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, n. 1, p. 47-53, 2004.

CASSOL, E. A.; DENARDIN, J. E.; KOCHHANN, R. A. Sistema plantio direto: Evolução e implicações sobre a conservação do solo e da água. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.5, n.1, p.333-370, 2007.

CAVENAGE, A.; MORAES, M. L. T.; ALVES, M. C.; CARVALHO, M. A. C. FREITAS, M. L. M.; BUZETTI, S. Alterações nas propriedades físicas de um Latossolo vermelho-escuro sob diferentes culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, n.4 p.997-1003, 1999.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, n.1, p.163-171, 2002.

CHINN, C.; PILLAI, U. P. P. Self-repair of compacted Vertisols from Central Queensland, Australia. **Geoderma**, v. 144, n.2, p. 491-501, 2008.

CHIODEROLI, C. A.; MELLO, L. M. M.; GRIGOLLI, P. J.; SILVA, J. O. DA R.; CESARIN, A. L. Consorciação de braquiárias com milho outonal em plantio direto sob pivô central. **Engenharia Agrícola**. V.30, n.6, p.1101-1109, 2010.

CORRÊA, A. L.; ABOUD, A. C. S.; GUERRA, J. G. M.; AGUIAR, L. A. de; RIBEIRO, R. de L. D. Adubação verde com crotalária consorciada ao minimilho antecedendo a couve-folha sob manejo orgânico. **Revista Ceres**, v. 61, n.6, p. 956-963, 2014.

COSTA, F.S.; ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.27, n.3, p.527-535, 2003.

CUNHA, E. Q.; STONE, L. F.; FERREIRA, E. P. B.; DIDONET, A. D.; MOREIRA, J. A. A.; LEANDRO, W. M. Sistemas de preparo do solo e culturas de cobertura na produção orgânica de feijão e milho: Parte II - Atributos biológicos do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.603-611, 2011.

DAN, H.A.; BARROSO, A.L.L.; DAN, L.G.M.; OLIVEIRA JR., R.S.; PROCÓPIO, S.O.; FREITAS, A.C.R.; CORREA, F.M. Seletividade do herbicida tembotrione à cultura do milheto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 4, p. 793-799, 2010.

DELANE, P. B.; SIJ, J.W. Impact of tillage on runoff in long term no-till wheat systems. **Soil & Tillage Research**, v.124, n. 4, p. 32–35, 2012.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 225p. 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solo, 212 p. 1997.

FAGERIA, N. K.; STONE L. F. Qualidade do solo e meio ambiente - Santo Antônio de Goiás: **Embrapa Arroz e Feijão**, 35 p. - (Documentos / Embrapa Arroz e Feijão, ISSN 1678-9644; 197), 2006.

FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, p. 255-258, 2000.

FERREIRA, E. P. B.; SANTOS, H. P.; COSTA, J. R.; DE-POLLI, H.; RUMJANEK, N. G. Microbial soil quality indicators under different crop rotations and tillage management. **Revista Ciência Agronômica**, v.41, n.2, p.177-183, 2010.

FERREIRA, E. P. B.; STONE, L. F.; PARTELLI, F. L.; DIDONET, A. D. Grain yield of common bean as affected by cover crops and soil management systems. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. vol.15, n.7, 2011.

GUBIANI, P. I.; VAN LIER, Q. J.; DRESCHER, M. S.; MEZZOMO, H. C.; VEIGA, C. M. C. Relação entre densidade do solo e conteúdo de água em repetidos ciclos de contração e expansão em um Latossolo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 39, n. 1, p.100-1008, 2015.

GUIMARÃES, C. V.; ASSIS, R. L.; SIMON, G. A.; PIRES, F. R.; FERREIRA, R. L.; D SANTOS, D. C. Desempenho de cultivares e híbridos de milho em solo submetido a compactação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.17, n.11, p.1188–1194, 2013.

HAMBLIN, A.P. The influence of soil structure on water movement, crop root growth and water uptake. **Advances in Agronomy**, v. 38, n.1, p.95-158, 1985.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A.; SANTOS, J. B.; VIVIAN, R. Qualidade da camada superficial de solo sob mata, pastagens e áreas cultivadas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.38, n. 2, p.118-127, 2008.

KARLEN, D. L.; MAUSBACH, M. J.; DORAN, J. W.; CLINE, R. G.; HARRIS, R. F.; SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition and framework for evaluation. **Soil Science Society American Journal, Madison**, v. 61, n. 1, p. 4-10, 1997.

KLEIN, V. A.; VIEIRA, M. L.; DURIGON, F. F.; MASSING, J. P.; FÁVERO, F. Porosidade de aeração de um Latossolo Vermelho e rendimento de trigo em plantio direto escarificado. **Ciência Rural**, v.38, n.2, p.265 – 271, 2008.

LETEY, J. Relationship between soil physical properties and crop production. **Advances in Soil Sciences**, v.1, n.1, p.277-294, 1985.

MECABÔ JÚNIOR, J.; BERTOL, I.; BARBOSA, F. T.; OSELAME, G. S. Erosão hídrica influenciada por uma aplicação de dejetos líquidos de suínos no solo cultivado em semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, n.5, p. 1601-1611, 2014.

MENDES, F. G.; MELLONI, E. G. P.; MELLONI, R. Aplicação dos atributos físicos do solo no estudo da qualidade de áreas impactadas, em Itajubá/MG. **Cerne**, v. 12, n. 3, p. 211-220, 2006.

MENDONÇA, V. Z.; MELLO, L. M. M.; ANDREOTTI, M.; YANO, E. H. Teor e acúmulo de nutrientes no consórcio de milho com forrageiras no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 3, p. 330-337, 2014.

MESQUITA, G. B. F.; MORAES, S. O. A dependência entre a condutividade hidráulica saturada e atributos físicos do solo. **Ciência Rural**, v.34, n.3, p.963-969, 2004.

NOZAKI, M. H.; VENDRÚSCULO, M. Características químicas e densidade global de um latossolo vermelho eutrófico cultivado com plantas de cobertura em Toledo-PR. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 31, n.2, p. 1245-1252, 2010.

OHLAND, R.A.A; SOUZA, L.C.F; HERNANI, L.C; MARCHETTI, M.E; GONÇALVES, M.C.G. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

PACHECO, E.P.; CANTALICE, J.R.B. Compressibilidade, resistência à penetração e intervalo hídrico ótimo de um Argissolo Amarelo cultivado com cana-de-açúcar nos Tabuleiros Costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.2, p.403-415, 2011.

PARIZ, C. M.; ANDREOTTI, M.; BERGAMASCHINE, A. F.; BUZETTI, S.; COSTA, N. R.; CAVALLINI, M. C.; ULIAN, N. de A.; LUIGGI, F. G. Straw decomposition of nitrogen-fertilized grasses intercropped with irrigated maize in an integrated crop livestock system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.35, n.6, p. 2029-2037, 2011.

PARTELLI, F. L.; VIEIRA, H. D.; FERREIRA, E. P. B.; VIANA, A. P.; ESPINDOLA, J. A. A.; URQUIAGA, S.; MICHAEL, R. Boddey Biologic dinitrogen fixation and nutrient cycling in cover crops and their effect on organic Conilon coffee. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 3, p. 995-1006, 2011.

PERUSI, M. C.; AL ZAHER, C. Preparo conservacionista do solo no contexto da agricultura familiar, estudo de caso na microbacia do córrego fundo, município de Ourinhos/SP. **Geociências**, v. 31, n. 4, p. 638-649, 2012.

PORTUGAL, A.; FONTES, L.; LANI, J.; SCHAEFER, C.; FERNANDES FILHO, E. I. Alterações em propriedades físicas do solo em ecossistemas de floresta após a implantação de pastagem no extremo oeste do Acre. In: ARAÚJO, E. A.; LANI, J. L. **Uso sustentável de ecossistemas de pastagens cultivadas na Amazônia Ocidental**. Rio Branco: SEMA, 2012.

PRAGANA, R. B.; RIBEIRO, M. R.; NOBREGA, J. C. A.; RIBEIRO FILHO, M. R.; COSTA, J. A. Qualidade Física de Latossolos Amarelos sob Plantio Direto na Região do Cerrado Piauiense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.36, n.5, p.1591-1600, 2012.

QUAGGIO, J. A. **Critérios para calagem em solos no estado de São Paulo**. 1985. 76 p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo (ESALQ/USP), Piracicaba, 1983.

RADAMBRASIL Volume 34, **Levantamento de Recursos Naturais** – Folha SE.24 Rio Doce; Geologia, Geomorfologia, Pedologia, Vegetação, Uso potencial da Terra. Edição Fac-similar. Rio de Janeiro. IBGE, 1987.

RAMOS JUNIOR, E. U.; MACHADO, R. A. F.; OLIBONE, D.; CASTOLDI, G.; RAMOS, B. M. Crescimento de plantas de cobertura sob déficit hídrico. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 34, n.1, p. 47-56, 2013.

RANGEL, O. J. P.; SILVA, C. A. Estoques de carbono e nitrogênio e frações orgânicas de Latossolo submetido a diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n.6, p.1609-1623, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. **Propriedades físicas do solo**. Universidade Federal de Santa Maria, 2006.

REYNOLDS, W.D.; BOWMAN, B.T.; DRURY, C.F.; TAN, C.S. & LU, X. Indicators of good physical quality: density and storage parameters. **Geoderma**, v. 110, n.1, p.131-146, 2002.

SALES, R. P.; PORTUGAL, A. F.; ALVES, J.A.; MOREIRA, M. K. K.; PEGORARO, R. F. Qualidade física de um Latossolo sob plantio direto e preparo convencional no semiárido. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 47, n. 3, p. 429-438, 2016.

SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. M. **Sistema plantio direto**. Brasília, EMBRAPA-SPI/ Dourados, Embrapa-CPAO, 1998.

SANTOS, E. E. F.; RIBEIRO, M. R. Influência da irrigação e do cultivo nas propriedades de um Latossolo e um Argissolo da região do submédio São Francisco: atributos morfológicos e físicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, n.4, p. 875-884, 2000.

SANTOS, G. G; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, F. A. P.; BECQUER, T. Atributos químicos e estabilidade de agregados sob diferentes culturas de cobertura em Latossolo do cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. V.16, n. 11, p. 1171-1178, 2012.

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

SATURNINO, H.M. Evolução do plantio direto e as perspectivas nos cerrados. **Informe Agropecuário**. v.22, n.208, p.5-12, 2001.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O. & BALBINOTJUNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmicoalumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I- Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v 24, n.2, p. 427-436, 2000.

SCHWEN, A.; BIENES, R.; ELDRIDGE, D. J.; MARQUES, M. J. Temporal dynamics of soil hydraulic properties and the water-conducting porosity under different tillage. **Soil & Tillage Research**, v.113, n.1, p. 89–98, 2011.

SEQUINATTO, L.; LEVIEN, R.; TREIN, C. R.; MAZURANA, M.; MÜLLER, J. Qualidade de um Argissolo submetido a práticas de manejo recuperadoras de sua estrutura física. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.18, n.3, p.344–350, 2014.

SILVA, A. A.; GALON, L.; FERREIRA, F. A.; TIRONI, S. P.; ALVES FERREIRA, E.; FERREIRA DA SILVA, A.; ASPIAZÚ, I.; AGNES, E. L. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n.4, p.496 – 506, 2009.

SOIL SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **A glossary of soil science terms**. Madison, 34 p. 1997.

SOUZA, C. M.; PIRES, F. R.; PARTELLI, F. L.; ASSIS, R. L. A. **Adubação Verde e Rotação de Culturas**. Editora UFV, 2012.

SOUZA, K. B.; PEDROTTI, A.; RESENDE, S. C.; SANTOS, H. M. T.; MENEZES, M. M. G.; SANTOS, L. A. M. Importância de Novas Espécies de Plantas de Cobertura de Solo para os Tabuleiros Costeiros. **Revista da Fapese**, v.4, n. 2, p. 131-140, 2008.

STOLF, R. **Operação do penetrômetro de impacto modelo IAA/Planalsucar-Stolf**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR. 8p. 1984.

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. Efeitos de sistemas de preparo do solo no uso da água e na produtividade do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.35, n.4, p.835-841, 2000.

TAVARES FILHO, J.; FELTRAN, C. T. M.; OLIVEIRA, J. F.; ALMEIDA, E.; GUIMARÃES, M. F. Atributos de solo determinantes para a estimativa do índice de estabilidade de agregados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v 47, n.3, p. 436-441, 2012.

VIEIRA, C.P. **Sistemas de Manejo do Solo, Culturas de Cobertura e Rotação de Culturas: Resposta para Soja e Milho**. Ilha Solteira: Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 2009, 79p. Tese de Doutorado.

WOHLENBERG, E.V; REICHERT, J. M.; REINERT, D. J.; BLUME, E. Dinâmica da agregação de um solo franco-arenoso em cinco sistemas de culturas em rotação e em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n.2, p. 891-900, 2004.