

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO
CONSORCIADA COM PLANTAS DE COBERTURA NO
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA.**

Rodrigo Alves de Oliveira
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Maio de 2010

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO
CONSORCIADA COM PLANTAS DE COBERTURA NO
SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA.**

Rodrigo Alves de Oliveira

Orientador: Prof. Dr. Itamar Andrioli

Dissertação apresentação apresentada à
Faculdade de Ciências Agrárias e
Veterinárias – Unesp, Câmpus de
Jaboticabal, como parte das exigências
para a obtenção do título de Mestre em
Agronomia (Ciência do Solo)

**JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL
Maio de 2010**

O48a Oliveira, Rodrigo Alves
Adubação nitrogenada da cultura do milho consorciada com plantas de cobertura no sistema de semeadura direta / Rodrigo Alves de Oliveira. – – Jaboticabal, 2010
vii, 67 f. : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2010
Orientador: Itamar Andrioli
Banca examinadora: Renato de Mello Prado, Marcio Moraes
Bibliografia

1. Cobertura verde. 2. Fertilidade do solo. 3. Manejo do solo. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.45:633.15

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO CONSORCIADO
COM PLANTAS DE COBERTURA NO SISTEMA DE SEMEADURA DI
RETA.

AUTOR: RODRIGO ALVES DE OLIVEIRA

ORIENTADOR: Dr. ITAMAR ANDRIOLI

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE em AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO) pela Comissão Examinadora:


Dr. ITAMAR ANDRIOLI


Dr. RENATO DE-MELLO PRADO


Dr. MARCIO MORAIS

Data da realização: 30 de abril de 2010.


Presidente da Comissão Examinadora
Dr. ITAMAR ANDRIOLI

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RODRIGO ALVES DE OLIVEIRA - Nascido em 30 de janeiro de 1976, em Ituverava, SP. Coursou o ensino médio na rede pública de ensino de Ituverava, SP, no período de 1993 a 1996. Em março de 1998, ingressou no Curso de Graduação em Agronomia pela Faculdade Dr. Francisco Maeda – Fafram -, e, em janeiro de 2003, obteve o título de Engenheiro Agrônomo. Em março de 2006, iniciou o curso de Pós-Graduação em Agronegócio e Desenvolvimento Sustentável pela Faculdade Dr. Francisco Maeda – Fafram -, concluído em julho de 2008. É professor titular, desde 21 de julho de 2006, do Colégio Agrícola “Laurindo Alves de Queiroz” ETEC 079, vinculada ao “Centro Paula Souza”.

DEDICO

A minha família, **Wilson Alves de Oliveira** (*in memoriam*), **Lourdes Furlan de Oliveira**, pelo AMOR, CARINHO, APOIO e INCENTIVO, por toda a minha vida...

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre ao meu lado.

À minha família, que é à base da minha vida, pelo apoio, incentivo, confiança, que tanto ajudaram a alcançar meu objetivo. Tenho vocês como um exemplo de vida.

Ao Prof. Dr. Itamar Andrioli, pela orientação e amizade, que tanto contribuíram para a conclusão deste trabalho.

Ao meu sobrinho, Wilson Alves de Oliveira Neto, pela contribuição e ajuda na condução do experimento.

Aos meus tios, tias, primos, primas que sempre me deram força, em especial à João Marcelo Rodrigues pela ajuda na condução do experimento, Nilton Rodrigues pela doação das sementes de milho.

A todos os meus amigos e amigas que de alguma forma, contribuíram com suas palavras de apoio e incentivo, em especial ao Alexandre e sua mãe Elizabeth.

Aos amigos da pós-graduação Alba, Adolfo, Tatiana, Ricardo, Fabiana e a todos os outros, pela amizade durante essa caminhada.

A todos os professores da pós-graduação que contribuíram para a minha formação profissional.

Aos funcionários do Departamento de Solos e Adubos, Célia Regina Francisco Muniz, Maria Inês Bueno, Cláudia C. Dela Marta, Luis Souza, Orivaldo Rosa, Orivaldo Gomes, Dejair Lúcio da Silva, Ademir Ferreira da Silva, Anderson Silva, Mauro Alves Santos, Cristiano Barbosa Ferreira, pela prontidão nos momentos que precisei e pela amizade.

Às funcionárias da seção de Pós-Graduação e aos funcionários da Biblioteca da FCAV, pelo atendimento e auxílio.

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

MUITO OBRIGADO!!!

SUMÁRIO

I. INTRODUÇÃO	12
II. REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 A importância da cultura do milho	14
2.2 Plantas de cobertura	14
2.3 Efeitos de plantas de cobertura no solo	18
2.4 Produtividade do milho após cultivo plantas de cobertura	22
III. MATERIAL E MÉTODOS	24
3.1 Caracterização da área experimental.....	24
3.2 Tratamentos e delineamento experimental	25
3.3 Instalação e condução do experimento	26
3.4 Avaliações	28
3.4.1 Produtividade do milho	28
3.4.2 Avaliação química e física do solo	28
3.5 Análise estatística dos dados	30
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1 Atributos físicos do solo	31
4.1.1 Densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade.....	31
4.1.2 Agregação do solo	34
4.2 Atributos químicos.....	36
4.3 Produtividade de milho	45
4.3.1 Safra 2007/08 e 2008/09	45
V. CONCLUSÕES	53
VI. REFERÊNCIAS	54
APÊNDICE	65
APÊNDICE A - Condução do experimento safra 2007/2008.....	65
APÊNDICE B - Condução do experimento safra 2008/2009 e amostragem de solo para determinação de seus atributos.	67
APÊNDICE C – Precipitação pluviométrica do experimento.	71

ADUBAÇÃO NITROGENADA DA CULTURA DO MILHO CONSORCIADA COM PLANTAS DE COBERTURA NO SISTEMA DE SEMEADURA DIRETA

RESUMO - O milho é o principal cereal produzido no Brasil e entre os vários fatores que causam a baixa produtividade, o manejo incorreto do nitrogênio se destaca. Objetivou-se com este estudo, avaliar a eficiência das plantas de cobertura em consorciação com milho na produção de fitomassa e fornecimento de N e por objetivos específicos de: *i*) verificar o efeito das plantas de cobertura nas propriedades físicas e químicas do solo; *ii*) verificar o efeito das plantas de cobertura na produtividade do milho; *iii*) verificar as melhores doses de N dentro da consorciação de plantas de cobertura com o milho. Para tanto, foi realizado um experimento no município de Ituverava-SP, no Sítio Córrego das Pedras, em Latossolo Vermelho distrófico típico, textura argilosa para o ano agrícola de 2007/2008 e 2008/2009. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com parcelas sub-subdivididas e quatro repetições. As plantas de cobertura utilizadas foram: braquiária, calopogônio e estilosante do campo grande e as doses de N: $N_0=0$; $N_1=60$; $N_2=120$; $N_3=180$ kg de N/ha. Não foram observadas diferenças significativas para a densidade, porosidade, microporosidade e macroporosidade entre plantas de cobertura e profundidade. Não houve diferença significativa para diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado. Não foram observadas diferenças significativas entre plantas de cobertura e doses de N. Foram observadas diferenças significativas de produtividade entre as plantas de cobertura, destacando-se o estilosante do campo grande com maior produtividade, seguido da calopogônio e braquiária safra 2007/08 e estilosante do campo grande, braquiária e calopogônio safra 2008/09. Para dose de N, foi observado aumento de produtividade para ambas as safras, destacando-se a dose N_3 . Observou-se incremento na produção de um ano para outro.

Palavras-chave: cobertura verde, fertilidade do solo, manejo do solo.

NITROGEN FERTILIZATION OF CORN INTERCROPPED WITH COVER CROPS IN NO TILLAGE SYSTEM

SUMMARY - Corn is the main cereal produced in Brazil and among the several factors that cause low productivity, it is possible to detach the incorrect management of the nitrogen. This study aimed to evaluate the efficiency of cover crops intercropped with corn on the production of the phytomass and the providing of N and for specific aims of: *i)* checking the effect of cover crops on physical and chemical properties of the soil; *ii)* checking the effect of cover crops on the corn productivity; *iii)* verifying the best N rates for the intercropping of cover crops and corn. For such reason, an experiment was conducted in Ituverava – SP, at Córrego das Pedras Farm, at a typical Red Oxisol, clay texture for the agricultural year of 2007/2008 and 2008/2009. The experimental design was made in randomized blocks with split plots and four replications. The cover crops used were: *Brachiaria brizantha*, *Calopogonium mucunoides* Desv and *Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala* under the rates of N: $N_0=0$; $N_1=60$; $N_2=120$; $N_3=180$ kg of N/ha. It was not possible to notice significant differences for density, porosity, microporosity and macroporosity among the cover crops and depth. There was no significant difference for the geometric mean diameter and for the average diameter. Significant differences were not noticed among the cover crops and N rates. It was possible to notice significant differences on the productivity among the cover crops, highlighting the *Stylosanthes* as a cover crop with a higher corn yield, followed by *Calopogonium mucunoides* Desv and *Brachiaria brizantha*, harvest 2007/08 and *Stylosanthes capitata* and *S. macrocephala*, *Brachiaria brizantha* and *Calopogonium mucunoides* Desv, harvest 2008/09. Concerning the N rate, it was possible to notice an increase for both harvests, highlighting the N_3 rate. It was possible to observe an increase on production from one year to the other.

Keywords: green cover crop, soil fertility, soil management,

I. INTRODUÇÃO

O sistema de semeadura direta SSD foi introduzido no Brasil a mais de 30 anos, para controle de erosão. À medida que ele foi substituindo o sistema convencional, o interesse pelas plantas de cobertura aumentou, uma vez que, associadas aos preparos conservacionistas, elas favorecem o controle da erosão e, ao mesmo tempo, podem resultar em melhoria de atributos físicos e químicos do solo que refletem na produtividade.

Segundo TRABUCO (2008), o emprego de leguminosas como plantas de cobertura apresenta como vantagem a fixação biológica de N_2 , ao passo que as gramíneas menores taxa de decomposição, permanecendo mais tempo sobre o solo.

A utilização de plantas de cobertura consorciadas ou em pré-safra a cultura principal de verão, vêm ganhado destaque na região da Alta Mogiana norte do Estado de São Paulo. Onde apresenta inverno seco e verão quente e chuvoso.

Segundo ANDRIOLI et al. (2008) a utilização de plantas de cobertura de solo em pré-safra é uma alternativa para a produção de fitomassa, viabilizando o sistema de semeadura direta (SSD).

No Brasil, muitas das pesquisas realizadas em SSD, cujos resultados demonstraram sua eficiência, são originárias da região Sul, onde ocorre melhor distribuição de chuvas e temperaturas amenas, condições que favoreceram o seu estabelecimento e crescimento MARCELO (2007). No entanto, o SSD necessita de estudos para ser adaptado às regiões com longos períodos secos no inverno, e verão quente e chuvoso, como é o caso da Alta Mogiana.

Para essas condições climáticas, buscam-se plantas de cobertura com maior adaptação a condições hídricas limitadas, elevada capacidade de cobertura vegetal, permanência prolongada dos resíduos sobre o solo, elevado acúmulo de nutrientes na biomassa.

Pretendeu-se, com o presente trabalho, avaliar a eficiência das plantas de cobertura em consorciação com milho na produção de fitomassa e fornecimento de N e por objetivos específicos de: *i*) verificar o efeito das plantas de cobertura nas propriedades físicas e químicas do solo; *ii*) verificar o efeito das plantas de cobertura na produtividade do milho; *iii*) verificar as melhores doses de N dentro da consorciação com plantas de cobertura e em pré-safra à cultura do milho.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A importância da cultura do milho

O milho é o principal cereal produzido no Brasil, cultivado em cerca de 13 milhões de hectares, com produção de aproximadamente 42 milhões de toneladas de grãos e produtividade média de $3,5 \text{ t ha}^{-1}$. O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de milho, com participação média de 6 % na oferta mundial desse produto superada pelos Estados Unidos (~43 %) e pela China (~20 %) (CONAB, 2006).

A importância da cultura do milho é caracterizada pelas diversas formas de sua utilização, que vai desde a alimentação animal até a indústria de alta tecnologia. O uso do milho em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal, isto é, cerca de 70% no mundo. No Brasil, varia de 60 a 80%, dependendo da fonte da estimativa e de ano para ano (DUARTE, 2010).

2.2 Plantas de cobertura

O sistema de semeadura direta constitui-se em um modelo de sistema conservacionista e se define pela aplicação de um conjunto de tecnologias que preconiza como princípios básicos e essenciais a ausência de preparo do solo, cobertura vegetal permanente do solo e a rotação de culturas, sempre visando elevar a produtividade com sustentabilidade ambiental (EMBRAPA, 1995).

As espécies de cobertura, durante o seu crescimento e desenvolvimento, contribuem efetivamente para a proteção do solo, assim como a manutenção de seus resíduos vegetais (palhada) na superfície do solo em sistema de semeadura direta (SSD). Esse sistema de cultivo se caracteriza pela produção e manutenção de resíduos vegetais sobre o solo não revolvido (CERETTA et al., 2002).

Assim, a palhada representa a essência do SSD, pois diminui o impacto das gotas de chuvas, melhora a estrutura do solo pela adição de matéria orgânica,

reduz a velocidade das enxurradas, protege o solo da radiação solar, diminui a variação térmica no solo, reduzindo a evaporação de água e favorecendo o desenvolvimento de microrganismos, além de ajudar no controle de plantas daninhas (ROSOLEM; CALONEGO & FOLONI, 2003). Nesse sentido, a escolha da espécie para cobertura do solo é um fator determinante no sucesso da implantação e manutenção do SSD.

O sucesso do sistema de semeadura direta depende da produção de fitomassa, de acordo com GONÇALVES; CERETTA & BASSO (2000), e da manutenção da cobertura na superfície do solo, que é fundamental para o sistema. O tempo de permanência da cobertura morta na superfície do solo, após o manejo das espécies, é determinado pela velocidade de decomposição dos resíduos vegetais. Quanto mais rápida ela for, maior a velocidade de liberação de nutrientes, e menor a proteção oferecida ao solo. Por isso há a preocupação de produzir resíduos vegetais que tenham decomposição mais lenta, o que significa manter o resíduo protegendo o solo por maior período de tempo. A velocidade de decomposição está relacionada ao teor de lignina e à relação C/N dos resíduos, segundo HEINRICHS et al. (2001), o que justifica, de acordo com CERETTA et al. (2002), espécies não gramíneas apresentarem maior taxa de decomposição que gramíneas.

Além da proteção do solo, HEINZMANN (1985) e AITA et al. (2001) destacam outra função importante das plantas de cobertura, a reciclagem de nutrientes, principalmente de N, e/ou a fixação simbiótica de N_2 no caso das leguminosas.

Embora possa existir grande quantidade de N na parte aérea das plantas de cobertura, a quantidade real de N que será aproveitada pela cultura em sucessão dependerá do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a taxa de demanda da cultura econômica, e a velocidade de liberação de N dos resíduos é inversamente proporcional à relação C/N (AMADO; MIELNICZUK & FERNANDES, 2000). Assim, a espécie deve ser rústica o suficiente para ter produção de fitomassa que beneficie a cultura subsequente, conforme DE-POLLI

& CHADA (1989), e é, segundo AITA et al. (1994), importante avaliá-la criteriosamente, em escala regional.

Uma alternativa para minimizar o problema, segundo GONÇALVES; CERETTA & BASSO (2000), é manter sempre o solo com cobertura vegetal, com a função de reciclagem de nutrientes na sua biomassa e de cobertura do solo.

Quando essa estratégia de cultivo envolver gramíneas e leguminosas, há uma combinação da maior habilidade das gramíneas em ciclar nutrientes com a capacidade das leguminosas em fixar o N_2 atmosférico, de acordo com CLARK et al. (1997) e HEINRICHSET (2001), resultando numa fitomassa com relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras (CLARK et al., 1997; AMADO; MIELNICZUK & FERNANDES, 2000), proporcionando, simultaneamente, proteção do solo e fornecimento de N à cultura em sucessão (HEINRICHS et al., 2001).

A quantidade de N recuperado pelas plantas depende, entre outros fatores, das características dos resíduos vegetais, do tipo de cultura, das condições ambientais e do tipo de manejo adotado (GONÇALVES; CERETTA & BASSO, 2000).

A oferta de nutrientes dos restos vegetais de plantas mortas por herbicida e mantidas em pé tende a ser menos intensa, devido à taxa de decomposição menor. O estágio de senescência das plantas, após serem submetidas ao herbicida, pode comprometer o sincronismo entre a fonte de nutriente (palha da superfície do solo) e a demanda da cultura subsequente em sistema de semeadura direta (CALONEGO; FOLONI & ROSOLEM, 2005). Estes autores avaliaram a influência de cinco sucessões de culturas no nitrogênio do solo sob plantio direto e concluíram que a introdução de plantas de cobertura promoveu acúmulo de N mineral, orgânico e total no solo.

Quando resíduos de gramíneas são adicionados à superfície do solo verifica-se decomposição muito mais lenta que aquela das leguminosas e crucíferas. Dentre os fatores que concorrem para isso, destacam-se a relação C/N elevada e, em muitas situações, a reduzida disponibilidade de N mineral do solo (AMADO; MIELICZUCK & AITA, 2002).

De acordo com HEINZMANN (1985), para resíduos com relação C/N < 25, o intervalo entre o corte da cobertura de inverno e o plantio da cultura de verão deve ser o menor possível. O autor obteve mineralização de N relativamente rápida nos resíduos com relação C/N < 25 mesmo sem incorporação ao solo, concluindo que, neste caso, a perda por lixiviação após a mineralização pode ser considerável quando grandes quantidades de resíduos vegetais são deixadas sobre o solo. Segundo o autor, para as culturas não leguminosas utilizadas na rotação de verão, os resíduos das coberturas de inverno devem apresentar relação C/N em torno de 23-24, com a finalidade de obter mineralização uniforme do N. Para as culturas leguminosas, a relação C/N dos resíduos das coberturas deve ser superior a 25, com o objetivo de obter cobertura estável e criar condições favoráveis à fixação simbiótica de N.

As gramíneas e as crucíferas atuam na ciclagem de N mineral do solo, reduzindo os riscos de lixiviação, enquanto as leguminosas adicionam nitrogênio pela fixação biológica, contribuindo para o aumento da disponibilidade de N para as culturas em sucessão (AMADO; MIELICZUCK & AITA, 2002).

HEINZMANN (1985) estudou a dinâmica das reações de mineralização do N componente dos resíduos vegetais nas condições edafoclimáticas do norte do Paraná e o aproveitamento do nitrato do solo pelas culturas de inverno e de verão (leguminosas e não leguminosas) no SSD e concluiu que as não leguminosas podem deixar nos resíduos, quantidades de N total iguais ou superiores às leguminosas.

Efeitos promovidos pelas plantas de cobertura nos atributos químicos do solo são bastante variáveis, dependendo de fatores como: espécie utilizada, manejo dado à biomassa, época de plantio e corte das plantas, tempo de permanência dos resíduos no solo, condições locais e interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

Acredita-se que o uso de sistemas de culturas que utilizem leguminosas de cobertura, em sucessão e/ou consorciadas com gramíneas e culturas comerciais, capazes de produzir grandes quantidades de resíduos, permite aumentar o teor de

carbono do solo, além de adicionar N proveniente da fixação de N_2 atmosférico (TESTA; TEIXEIRA & MIELNICZUK, 1992).

2.3 Efeitos de plantas de cobertura no solo

Na condição de mata natural, os processos de ciclagem do carbono (C) têm como determinantes primários os fatores de formação do solo, uma vez que exercem influência sobre o aporte de resíduos e sobre as saídas de C do solo (STEVENSON, 1994).

Nos sistemas agrícolas, o uso e o manejo do solo atuam modificando tanto a entrada como a saída de C do solo para a atmosfera, em função da produção diferenciada de resíduos, do número de cultivos, das espécies vegetais, da adubação, dos procedimentos de colheita, dos métodos adotados de preparo do solo e do manejo dos restos culturais (LAL & BRUCE, 1999).

A adoção de sistemas de manejo que mantenham a proteção do solo através do contínuo aporte de resíduos orgânicos é fundamental para a manutenção de uma boa estrutura. O contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana, que atua como agente de estabilização dos agregados (CAMPOS et al., 1995).

CASTRO FILHO; MUZILLI & PODANOSCHI (1998), estudando um Latossolo Vermelho distrófico de Londrina, no Paraná, concluíram que o acúmulo de resíduos vegetais na superfície como consequência da adoção do sistema de semeadura direta melhorou o estado de agregação graças ao incremento no teor de carbono orgânico, sobretudo na camada de 0-10 cm; independentemente da sucessão de culturas. Os valores de diâmetro médio geométrico dos agregados foram significativamente superiores em relação aos do plantio convencional. Resultados semelhantes foram obtidos por SÁ et al. (2001).

Em sistemas conservacionista de manejo de solo, o uso de plantas de cobertura apresenta-se como uma prática básica, pois protege a superfície contra os agentes erosivos (SCHICK et al., 2000), adiciona ao solo C fotossintetizado e N fixado biologicamente (AMADO & MIELNICZUK, 2000), recicla nutrientes e

melhora a estabilidade da estrutura (ALVARENGA et al., 1986), além de destacar o efeito físico das raízes sobre a formação e manutenção dos agregados do solo (TISDALL & OADES, 1982; SILVA & MIELNICZUK, 1997; SILVA et al., 1998).

Nos sistemas de manejo que utilizam plantas de cobertura, as gramíneas perenes apresentam ação agregante mais prolongada do que as leguminosas, segundo CARPENEDO & MIELNICZUK (1990), PALADINI & MIELNICZUK (1991) e SILVA et al. (1998), graças à presença de um sistema radicular fasciculado, mais denso, com maior contato com as partículas do solo. Segundo BORGES et al. (1994), porém, as leguminosas anuais de inverno têm um efeito em curto prazo mais efetivo do que as gramíneas, pois apresentam uma relação C/N baixa, favorável à rápida decomposição microbiana.

Comparando a vegetação nativa de Cerrado com o uso do solo no sistema de semeadura direta e preparo convencional em um Latossolo Vermelho, MENDES et al. (2003) observaram maior estabilidade de agregados no Cerrado do que no SSD, sendo o PC o sistema com menor estabilidade de agregados. Observaram que o teor de matéria orgânica e do C prontamente mineralizável nos macroagregados foi maior do que nos microagregados nos sistemas Cerrado e SSD, enquanto no PC não houve diferenças. Isto comprova que no PC ocorre a oxidação da matéria orgânica, principalmente dos macroagregados com redução de sua estabilidade.

Em relação às propriedades físicas, as plantas de cobertura têm papel na melhoria da estrutura do solo, a qual, segundo TORMENA; ROLOFF & SÁ (1998), exerce grande influência na movimentação e infiltração de água, transferência de calor e aeração.

WOHLENBERG et al. (2004), trabalhando em um Argiloso Vermelho-Amarelo distróferrico arênico, no Triângulo Mineiro, obtiveram maior agregação do solo com a utilização de gramíneas perenes.

Por sua vez, HAYNES & BEARE (1997) verificaram, nos primeiros anos da implantação de sucessões de culturas, maior estabilidade de agregados com cultivo de leguminosas, devido à maior produção de biomassa e comprimento de hifas de fungos.

A melhor agregação do solo reflete na densidade e porosidade do solo (KAY & ANGERS, 1999), e na retenção de água (SILVA et al., 2005).

ROJAS & VAN LIER (1999), trabalhando com um Argissolo Amarelo observaram, na camada de 0,00–0,20 m, uma maior retenção de água, creditada a maior volume de microporos nessa camada.

Por sua vez, SILVA; LIBARDI & CAMARGO (1986) obtiveram maior retenção de água em solos compactados artificialmente, condizente com aumento da densidade do solo e da microporosidade.

Alterações nos atributos químicos do solo foram observadas em sistemas de rotação de culturas, avaliados em experimentos de longa duração. SILVEIRA & STONE (2001) verificaram, em Latossolo Vermelho perférico, que os maiores valores de pH, os maiores teores de Ca + Mg e os menores de Al trocável foram obtidos nos sistemas que continham soja. O sistema de rotação de culturas também afetou significativamente os teores de K trocável nas camadas de 10 – 20 e de 20 – 30 cm de profundidade, sendo menores nos sistemas que incluíram soja, embora tais sistemas não tenham diferido significativamente de outros. Os teores de matéria orgânica do solo se mantiveram semelhantes aos iniciais.

TESTA; TEIXEIRA & MIELNICZUK (1992), em um Argissolo Vermelho Eutroférico com pH (H₂O) 5,8, sem limitações de Ca, K e Mg, e teor de M.O. de 23 g dm⁻³, no Estado do Rio Grande do Sul observaram que a CTC efetiva aumentou na camada de 0–7,5 cm, após cinco anos de cultivo. Concluíram que o efeito dos sistemas de culturas na CTC efetiva foi acompanhado de aumentos proporcionais nos teores de Ca, Mg e K e, por consequência, na soma de bases do solo.

No Estado do Mato Grosso do Sul, em Latossolo Vermelho distroférico, com pH (CaCl₂) de 5,9, teores de Ca e Mg altos, de K médio e de P baixo, com CTC elevada (122 mmolc dm⁻³) e V de 60%, MARTINS & ROSA JÚNIOR (2005) avaliaram a fertilidade do solo em SSD com culturas de cobertura (aveia-preta, ervilhaca e nabo forrageiro, além do consórcio entre elas, 50%, 25% e 25%, respectivamente) semeadas em maio, antecedendo a cultura do milho semeado em novembro. O menor teor de P ocorreu na rotação de milho sobre aveia-preta o

que ocorreu, segundo explicação dos autores, porque as demais culturas de cobertura apresentaram decomposição rápida, liberando P para o solo. Os maiores valores de K foram obtidos no consórcio, o que os autores relacionaram a uma maior eficiência de reciclagem. O rendimento da cultura de grãos de milho não diferiu em função dos tratamentos.

Segundo BORKERT et al. (2003), cerca de 77% e 79% do P provenientes das folhas e raízes mortas, respectivamente, ficam disponíveis para o crescimento das plantas cultivadas seqüencialmente após o cultivo da cultura de cobertura.

CALONEGO; FOLONI & ROSOLEM (2005) salientaram que os resíduos das plantas de cobertura constituem uma fonte considerável de K^+ , pois o nutriente é encontrado predominantemente na forma iônica K^+ (MENGEL & KIRKBY, 2001), além de ser o mais abundante nos tecidos vegetais. Por meio da ação da água das chuvas, estas promovem a lixiviação foliar do K^+ dos restos vegetais, de acordo com ROSOLEM; CALONEGO & FOLONI (2003), e proporcionam aumento dos teores do nutriente no solo, conforme BORKERT et al. (2003). Quanto ao cálcio (Ca), magnésio (Mg), enxofre (S) e os micronutrientes, conforme BORKERT et al. (2003), são poucos os relatos de concentração destes nutrientes na matéria seca das plantas em sucessão, bem como na nutrição mineral das culturas subsequentes.

Em função dos resultados apresentados, de maneira geral não há mudanças significativas nos atributos químicos do solo em rotações de culturas, mesmo em longo período de tempo, e com utilização de plantas de cobertura, por período de tempo curto. Porém, a produção de grãos pode ser influenciada ou não pelo cultivo anterior. O N do solo geralmente não é avaliado no conjunto dos atributos químicos, porém, o N liberado pelas culturas de cobertura, na maioria das vezes, pode ser o responsável pelo aumento na produção de grãos da cultura comercial, quando ele ocorre.

2.4 Produtividade do milho após cultivo plantas de cobertura

PÖTTKER & ROMAN (1994) avaliaram coberturas vegetais e doses de N no rendimento de grãos de milho e no teor de N em folhas e em grãos de milho, em SSD, e concluíram que a resposta do milho a N depende do tipo da cobertura vegetal precedente, e que as leguminosas contribuem com quantidades variáveis de N para o milho. Em teores baixos de N, as produções de milho sobre resíduos de aveia-preta foram inferiores às obtidas após pousio (sem resíduos).

SULLIVAN; PARRISH & LUNA (1991) verificaram que o milho cultivado em sucessão ao centeio, em sistema semeadura direta, acumulou menos N na fitomassa do que após leguminosas, atribuindo esse resultado à imobilização microbiana de N do solo de acordo com a quantidade de resíduos culturais de centeio ($6,5 \text{ Mg ha}^{-1}$) e com a elevada relação C/N ($\text{C/N} = 59$). É provável que o fato de não ter sido detectada imobilização líquida de N após a aveia no presente estudo se deva à menor produção de MS dessa espécie ($4,31 \text{ Mg ha}^{-1}$ na média dos três anos) e, principalmente, à menor C/N dos seus resíduos culturais ($\text{C/N} = 36,5$) em relação ao trabalho de SULLIVAN; PARRISH & LUNA (1991).

AITA et al. (1994) constataram que o milho cultivado após chícharo (*Lathyrus sativus*), tremoço azul (*Lupinus angustifolius*), ervilhaca comum e ervilha forrageira (*Pisum arvense*) acumulou, em média, 43 % mais N na fitomassa da parte aérea do que quando cultivado após aveia preta.

SPAGNOLLO et al. (2002), em um Latossolo Vermelho distroférico, avaliaram o efeito do cultivo intercalar de leguminosas estivais para cobertura de solo (feijão-de porco, guandu-anão, mucuna-cinza e soja preta) no fornecimento de N e no rendimento de grãos de milho, no Estado de Santa Catarina, em cultivo mínimo durante seis anos.

De maneira geral, o cultivo intercalar das leguminosas estivais determinou aumento no suprimento de N e, conseqüentemente, no rendimento de grãos de milho na safra seguinte, sendo este efeito maior na ausência de N mineral. A mucuna-cinza promoveu maior fornecimento de N e rendimento de grãos ao milho, seguido pelo feijão-de-porco e pelo guandu anão.

No Estado de Rio de Janeiro, DE-POLLI & CHADA (1989) testaram espécies de leguminosas (mucuna-preta, crotalária - 2 ciclos e substituída pelo feijão-de-porco) na entressafra, com e sem incorporação, em comparação com a adubação mineral (80 kg ha^{-1} de N nos três primeiros anos e 100 kg ha^{-1} no quarto) para a cultura do milho, em quatro ciclos. Calcularam um fornecimento anual de 107,5, 86,0, 24,4 e 22,8 kg ha^{-1} de N pelo feijão-de-porco, mucuna-preta, vegetação espontânea e crotalária, respectivamente, estimados pela produtividade média anual de fitomassa seca da parte aérea das leguminosas e vegetação espontânea. A maior produtividade de grãos de milho ocorreu no tratamento crotalária/feijão-de-porco incorporado, seguido pelo N mineral e pela mucuna-preta (incorporada ou em cobertura).

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

O experimento foi conduzido no Sítio Córrego das Pedras município de Ituverava-SP, situado nas coordenadas 24°14'60" S e 47°52'38' W, numa altitude de 549 metros.

A precipitação pluviométrica média anual de 1400 mm, concentrada no período de outubro a março, o clima é do tipo Cwa segundo o sistema de classificação de Köppen com temperatura média anual de 24 °C e umidade relativa do ar média anual de 70% e 80%.

O solo da área é um Latossolo Vermelho Distroférrico típico, textura argilosa (EMBRAPA, 2006) relevo plano. A área vem sendo cultivada sob sistema de semeadura direta desde 1989, com cultivos intercalados de soja no verão e milho na entressafra. Na implantação do sistema de semeadura direta, o solo foi corrigido química e fisicamente, por meio de subsolagem, aração e gradagem, e também por calagem.

Antes da instalação do experimento, foi realizada amostragem de solo para a determinação das características químicas, na camada de 0-10 e 10-20 cm, de acordo com o método proposto por RAIJ et al. (2001).

Os resultados da análise química do solo, proveniente de amostragem efetuada em setembro de 2007, encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Atributos químicos do solo, nas camadas 0-10 e 10-20 cm de profundidade.

Camada cm	pH (CaCl ₂)	M.O. (g dm ⁻³)	P (mg dm ⁻³)	K	Ca	Mg	H+Al (mmol _c dm ⁻³)	SB	CTC	V (%)
0-10	5,3	30	58	1,8	33	10	34	43	77	57
10-20	5,1	27	50	1,2	31	9	31	33	74	56

3.2 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento experimental foi em parcelas subdivididas com três plantas de cobertura nas parcelas, quatro doses de N nas subparcelas (parcelas de 40 m²). E quatro repetições dispostas em blocos.

As plantas de cobertura cultivadas foram: Calopogônio, (*Calopogonium mucunoides* Desv), Braquiária (*Brachiaria brizantha*) e Estilosante campo grande (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*) e as doses de N utilizadas foram: N₁=60; N₂=120; N₃=180 kg de N/ha⁻¹, sendo uréia (45% N) a fonte de N, além da testemunha N₀=0 (sem aplicação de N). Conforme esquema apresentado na Figura 1.

O esquema de variação encontra na Tabela 2.

Seqüência da cultura do milho/plantas de cobertura/doses de N

→	EST-120N Milho	EST-180N Milho	EST-0N Milho	EST-60N Milho
→	CALO-0N Milho	CALO-60N Milho	CALO-180N Milho	CALO-120N Milho
→	BRA-60N Milho	BRA-180N Milho	BRA-120N Milho	BRA-0N Milho

Figura 1. Esquema de um bloco da área experimental, constituído pela combinação de três plantas de coberturas EST=(estilosante campo grande), CALO=(calopogônio), BRA=(braquiária) e três doses de N (60N, 120N, 180N) mais testemunha N₀=0N (sem aplicação de N), consorciados com milho em sistema de semeadura direta.

Tabela 2. Esquema de análise de variação do experimento em parcelas subdivididas com três plantas de cobertura, quatro doses de N e 4 blocos.

Causas de variação	GL
Plantas (P)	2
Blocos	3
Resíduo (a)	6
Doses de N (N)	3
Interação P x N	6
Resíduo (b)	27
Total	47

3.3 Instalação e condução do experimento

Anteriormente a instalação do experimento a área vinha sendo cultivada por dezesseis anos, com o cultivo de soja em SSD no verão e milho no outono, como produção de matéria seca (M.S).

Na primeira quinzena de outubro, safra 2007/08 semeou-se a crotalária juncea como planta de cobertura para produção de M.S, semeada a lanço utilizando o implemento vicon e as sementes incorporadas ao solo por meio de uma grade leve fechada com mínima mobilização do solo, em toda a área experimental antes da instalação da cultura do milho. E efetuada a dessecação química das plantas remanescentes com a aplicação de herbicida para folha estreita e folha redonda.

Após setenta dias efetuou-se a dessecação química da crotalária juncea com o herbicida glifosate ($2,4 \text{ kg ha}^{-1}$) (Figura 2A).

No ano agrícola 2007/2008 a semeadura foi realizada em 17/01/2008, sendo utilizado o milho híbrido simples modificado duas linhagens alta produtividade (ciclo precoce) nome comercial ATL-200 (atlântica sementes) com espaçamento 0,90 m entre linhas, consorciado com plantas de cobertura constituídas por Calopogônio, (*Calopogonium mucunoides* Desv), Braquiária (*Brachiaria brizantha*) e Estilosante (*Stylosanthes capitata* e *S. macrocephala*), no

espaçamento de 0,90 m entre linhas e 10; 2 e 3 kg. ha⁻¹ sementes respectivamente. Utilizando-se uma semeadora modelo Fankhauser.

O estande para cultura do milho foi de aproximadamente 66.000 plantas ha⁻¹, a condução da safra 2007/08 são apresentadas das Figuras (2A.B a 4A).

A adubação na semeadura foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula N-P-K (4-20-20) e, em cobertura, (N₀=0; N₁=60; N₂=120; N₃=180 kg de N/ha⁻¹), na forma de uréia (45% N) durante o estágio V6 da cultura (FORNASIERI FILHO, 1992). A adubação de cobertura foi realizada a lanço manualmente.

O controle de plantas daninhas foi realizado quimicamente. As adubações de semeadura e de cobertura foram baseadas nos resultados de análise química do solo de acordo com CANTARELLA et al. (1997).

A área experimental após a colheita permaneceu em repouso durante o outono/inverno e início da primavera. As plantas de cobertura se desenvolveram até o início da próxima safra 2008/2009 (Figura 5B).

Em 22 de dezembro de 2008 para ano agrícola 2008/2009 essas plantas foram dessecadas mediante a aplicação de herbicida glifosate (2,4 kg ha⁻¹).

Em 12 de janeiro de 2009, foi realizada a semeadura de milho (híbrido simples modificado, alta produtividade, precoce) nome comercial ATL-200 (atlântica sementes), no espaçamento de 0,90 m entre linhas. A adubação na semeadura foi de 400 kg ha⁻¹ da fórmula N-P-K (4-20-20) e, em cobertura, (N₀=0; N₁=60; N₂=120; N₃=180 kg de N/ha⁻¹), na forma de uréia (45% N) durante o estágio V6 da cultura (FORNASIERI FILHO, 1992).

A adubação de cobertura foi realizada a lanço manualmente, seguida de chuva moderada com volume de 45mm.

A semeadura do milho foi realizada com semeadora do tipo Semeato 10/10 PSM 102. A condução da safra 2008/09 são apresentadas das Figuras (6B a 11B).

3.4 Avaliações

3.4.1 Produtividade do milho

A produtividade do milho safra 2007/08 e 2008/09 foram avaliadas por meio de colheita e debulha manual aos 120 dias após a semeadura, por ocasião da maturação fisiológica, na área útil da subparcela 16 m² (Figura 12B). Através da separação de duas linhas centrais da parcela, eliminando-se assim um metro de bordadura em cada extremidade. O peso final dos grãos foi corrigido para 13% de umidade.

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de acordo com o delineamento em parcelas sub-subdivididas. Sendo o resultado da análise de variância significativo a 5 % ou a 1% de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade e análise de regressão para dose de N, utilizando o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2010).

3.4.2 Avaliação química e física do solo

Na primeira quinzena de abril de 2009, foram coletadas amostras de solo, nas entrelinhas do milho, nas camadas de 0-5 cm e 5-10 cm, a fim de determinar a estabilidade de agregados segundo KEMPER & ROSENAU (1986) (Figura 13B).

Para cada amostra de 50 g foi determinada a distribuição de classes de agregados (7,93-4,0; 4,0-2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,5; 0,5-0,25; 0,25-0,125 mm) por meio de tamisamento a úmido pelo método de YODER (1936). O tamisamento por 15 minutos, com movimento vertical de 30 oscilações por minutos foi feito em recipiente, onde tinha dois jogos de peneiras, para que cada amostra proveniente do campo pudesse ser avaliada em duplicata. O solo retido em cada peneira foi transferido para frascos de alumínio com o auxílio de jatos de água dirigidos ao fundo da peneira e, em seguida, colocado em estufa a 105° C para secagem, até

peso constante. O diâmetro médio geométrico (DMG) e o diâmetro médio ponderado (DMP) foram calculados segundo KEMPER & CHEPIL (1965).

Para a determinação das propriedades físicas do solo, foram coletadas, na entrelinha da cultura do milho na época do florescimento, em dois pontos distintos por subparcela utilizando-se cilindros de $53,16 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3$, nas camadas de 0-7,5; 7,5-15; 15-22,5 cm, para a determinação de densidade do solo e da porosidade, conforme EMBRAPA (1997) (Figura 14B).

A porosidade total foi calculada como sendo o conteúdo de água do solo saturado. A quantidade dos valores de macroporosidade (Poros $\geq 50 \text{ }\mu\text{m}$) e microporosidade (Poros $< 50 \text{ }\mu\text{m}$) foi obtida submetendo as amostras saturadas ao potencial de -0,006 MPa. Utilizando uma mesa de tensão adaptada de TOPP & ZEBTCHUCK (1979).

Macroporos foram estimados como a diferença entre o conteúdo de água do solo saturado e o conteúdo de água do solo após a aplicação do potencial de -0,006 MPa. O volume de microporos foi estimado como sendo o conteúdo de água retido potencial de -0,006 MPa.

Para a determinação das propriedades químicas do solo, foram coletadas na área útil de cada parcela, 4 amostras simples para cada camada de solo, (0-5; 5-10; 10-20 cm) para compor uma amostra composta, e tomando-se como ponto de coleta as entrelinhas da cultura. No laboratório, as amostras de solo foram secas ao ar e passadas em peneiras com abertura de malha de 2 mm para posteriormente serem submetidas às análises químicas para determinação de: valores de pH (CaCl_2 0,01 mol L^{-1}), teores de P (resina), matéria orgânica, K, Ca, Mg e H+Al, conforme métodos descritos por RAIJ et al. (1987), foram ainda calculados os valores de capacidade de troca de cátions (CTC) e a porcentagem de saturação por bases (V).

3.5 Análise estatística dos dados

Os resultados foram submetidos à análise de variância pelo teste F, de acordo com o delineamento em parcelas subdivididas. Sendo o resultado da análise de variância significativo a 5 % ou a 1% de probabilidade, as médias dos tratamentos foram comparadas utilizando-se o teste de Tukey, a 5% de probabilidade, e análise de regressão para dose de N, utilizando o software AgroEstat (BARBOSA & MALDONADO JÚNIOR, 2010).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos do solo

4.1.1 Densidade, porosidade total, microporosidade, macroporosidade

Pode-se notar que para a densidade, porosidade, microporosidade e macroporosidade, não houve diferença significativa entre plantas de cobertura, este fato pode estar relacionado pela grande acúmulo de matéria seca deixada na superfície do solo pela cultura anterior, milho consorciado com plantas de cobertura. Estes resultados são contrários aos observados por STONE & GUIMARÃES (2005). Onde as diferenças provocadas nos atributos físicos do solo possivelmente estão relacionadas à baixa concentração de matéria seca deixada na superfície por gramíneas (arroz) e leguminosas (soja) em rotação de culturas em sistema de semeadura direta.

Entretanto a porosidade e macroporosidade, obtiveram uma diminuição significativa em seus valores 5,79 para 5,55 m³ m³ porosidade e 1,16 para 0,95 m³ m³ macroporosidade, quando adicionado dose N₂. Segundo SARMENTO et al. (2008) em experimento com capim-milênio, sob pastejo com aplicação de doses de N: 0, 150, 300, 450 kg/ ha⁻¹. O aumento de densidade, diminuição de porosidade e macroporosidade quando adicionado adubação nitrogenada, está relacionada ao teor de matéria orgânica no solo que vai diminuindo no perfil, o que foi observado neste experimento.

A densidade do solo aumentou em dose N₂, mais a variação foi muito pequena, não havendo diferença significativa.

Na Tabela 3 são apresentados os valores de densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, em função do sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tabela 3. Valores de Densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade, em sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tratamentos	Densidade (Mg m ⁻³)	Porosidade m ³ m ⁻³	Micro m ³ m ⁻³	Macro m ³ m ⁻³
Blocos	13,96**	12,91**	4,80*	2,81ns
Plantas de cobertura (A)				
Braquiária	1,33	5,62	4,57	1,04
Calopogônio	1,30	5,79	4,58	1,21
Estilosante	1,34	5,59	4,67	0,92
Teste F (A)	3,79ns	1,60ns	9,48ns	1,27ns
DMS (Tukey)	0,04	3,62	3,42	5,56
CV%	3,7	7,2	8,4	59,4
Dose de N (B)				
N ₀	1,31	5,79A	4,62	1,16 ^a
N ₂	1,34	5,55B	4,59	0,95B
Teste F (B)	4,80ns	8,33*	0,49ns	5,16*
DMS (Tukey)	0,03	1,90	1,16	2,05
CV%	4,8	6,3	4,7	36,3
Profundidade cm (C)				
0 - 7,5	1,32	5,76	4,65	1,11
7,5 - 15	1,32	5,63	4,58	1,05
15 - 22,5	1,34	5,61	4,59	1,02
Teste F (C)	0,76ns	1,12ns	0,80ns	0,50ns
DMS (Tukey)	0,04	2,71	1,51	2,27
CV%	4,4	6,8	4,6	30,4
Interação				
BXC	2,28ns	4,90*	5,38**	1,27ns

Valores com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% e 1%.

ANDRIOLI (2004), em experimento com SSD verificou a diminuição na macroporosidade como resultado da somatória de alterações na microporosidade e porosidade total do solo, fato este observado nas demais camadas avaliadas na interação com doses de N₂ (Tabelas 4 e 5).

Os dados de macroporosidade apresentados em doses de N estão próximos da faixa apresentada na literatura $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, preconizado por ERICKSON (1982) como não limitantes ao desenvolvimento das culturas (ANDRADE & STONE, 2009).

DEXTER (2004) e STONE; GUIMARÃES & MOREIRA (2002) verificaram que a diminuição da macroporosidade do solo aumenta sua resistência resultando em compactação.

Para densidade e macroporosidade não houve diferença significativa em quaisquer das profundidade.

Na Tabela 4 são apresentados os dados da interação de doses x profundidade sobre a porosidade do solo.

Tabela 4. Valores de porosidade para Interação doses N x profundidade.

Profundidade cm	Dose de N		DMS
	0	120	
0 – 7,5	5,70Aa	5,83Aa	3,1
7,5 – 15	5,91Aa	5,35Bb	3,1
15 – 22,5	5,76Aa	5,46Aab	3,1
DMS	3,83	3,83	
CV%	4,9	4,9	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para as profundidades 0-7,5 e 15-22,5 cm não houve diferença significativa entre a testemunha N_0 e dose N_2 para porosidade. Na profundidade 7,5-15 cm a porosidade foi significativamente maior do que no tratamento sem aplicação de N.

Para o tratamento sem aplicação de N não houve diferença significativa em nenhuma das profundidades. Todavia em dose N_2 houve diferença significativa entre as profundidades 0-7,5 e 7,5-15 cm, sendo que a porosidade foi maior na profundidade 0-7,5 cm. Entretanto, LAURANI et al. (2004), em solo semelhante na fase de implantação de um SSD não observaram relação direta entre estas profundidades.

Tabela 5. Valores de microporosidade para Interação doses N x profundidade.

Profundidade cm	Dose de N		DMS
	0	120	
0 – 7,5	4,57Aa	4,74Aa	1,78
7,5 – 15	4,70Aa	4,46Bb	1,78
15 – 225	4,61Aa	4,57Aab	1,78
DMS	2,13	2,13	
CV%	5,4	5,4	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Para as profundidades 0-7,5 e 15-22,5 cm não houve diferença significativa entre o tratamento sem aplicação de N e a dose N₂ para microporosidade. Na profundidade 7,5-15 cm a microporosidade foi significativamente maior no tratamento sem N.

Para o tratamento sem aplicação de N não houve diferença significativa em nenhuma das profundidades, todavia em dose N₂ houve diferença significativa entre as profundidades 0-7,5 e 7,5-15 cm sendo que a microporosidade foi maior na profundidade 0-7,5 cm. Indicando uma possível compactação do solo em superfície. Segundo SILVA; LIBARDI & CAMARGO (1986), a compactação do solo leva à transformação de macroporos em microporos.

4.1.2 Agregação do solo

Pode se observar que tanto para plantas de cobertura e doses de N não houve diferença significativa nos índices de agregação, contrariando estudos desenvolvidos no Sul do Brasil, que apontam as gramíneas como mais eficiente em relação à agregação (REINERT et al., 1984; CASTRO FILHO; MUZILLI & PODANOSCHI, 1998; WENDLING et al., 2005). Estes autores observaram maior estabilidade de agregados em gramíneas versus leguminosas em experimentos de longa duração, levando a hipótese que o presente trabalho foi conduzido por apenas duas safras, e não observado tais diferenças.

Na Tabela 6 são apresentados os valores de agregados (diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado) em função do sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tabela 6. Valores para diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado, em função das plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tratamentos	Agregado DMG (mm)	Agregado DMP (mm)
Blocos	3,38ns	2,88ns
Plantas de cobertura (A)		
Braquiária	4,49A	5,13A
Calopogônio	4,44A	5,12A
Estilosante	4,69A	5,27A
Teste F (A)	1,04ns	0,97ns
DMS (Tukey)	0,55	0,36
CV%	11,3	6,5
Dose de N (B)		
0	4,49A	5,15A
120	4,59A	5,20A
Teste F (B)	0,41ns	0,34ns
DMS (Tukey)	0,34	0,27
CV%	11,6	6,7
Profundidade cm (C)		
0 – 5	4,75A	5,32A
5 – 10	4,32B	5,03B
Teste F (C)	5,30*	5,80*
DMS (Tukey)	0,39	0,25
CV%	14,2	7,8

Valores com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5%.

Entretanto para as profundidades houve diferença significativa para DMG e DMP sendo que na profundidade de 0-5 cm os agregados apresentaram maior valor do que na profundidade 5-10 cm. Esta diminuição de agregação pode ser explicada pela diminuição gradativa da MO em profundidade no solo. De acordo com CAMPOS et al., (1995), a influência da MO na agregação do solo é um

processo dinâmico, sendo necessário o acréscimo contínuo de material orgânico ao solo para manter estrutura adequada ao desenvolvimento das plantas.

Segundo CARVALHO FILHO et al. (2007), a existência de agregados maiores atende a um dos requisitos do manejo conservacionista do solo, uma vez que os agregados grandes conferem ao solo maior resistência contra a erosão.

4.2 Atributos químicos

Para pH, MO P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T e V% não houve diferença significativa para nenhuma das plantas de cobertura utilizadas, o mesmo pode ser observado em relação as doses de N.

Observou-se que para a “profundidade”, houve diferença significativa para todos os atributos químicos.

Os teores de MO, P, K, Ca, Mg, H+Al, SB, T, V%, apresentaram se mais elevados na camada de 0-5 cm, diminuindo gradativamente em profundidade. Este comportamento era esperando, pois à medida que vai se aprofundando no solo, os teores matéria orgânica, cálcio e T total, diminui gradativamente ligado á maior taxa de decomposição dos resíduos vegetais que se encontram na superfície do solo.

Para todos os atributos químicos do solo analisados no presente estudo (Tabela 7), com exceção do pH, as alterações observadas entre as camadas do solo são características do SSD, decorrentes da ausência de revolvimento periódico do solo, da aplicação de fertilizantes e do acúmulo de resíduos vegetais depositados na superfície do solo pelas culturas (MUZILLI, 1983).

Na Tabela 7 são apresentados os resultados da análise química de solo, em função do sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tabela 7. Análise química do solo, em função do sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tratamentos	pH ⁺ CaCl	MO g dm ⁻³	P(res.) mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmolc dm ⁻³	SB	T	V% %
Blocos	0,31ns	0,88ns	42,62**	0,67ns	1,79ns	6,00*	0,62ns	3,49ns	7,67*	0,78ns
Plantas de cobertura (A)										
Braquiária	4,84	25,3	90,9	2,8	24,6	9,2	45,29	36,61	81,9	44,3
Calopogônio	4,76	22,9	72,8	1,8	23,0	7,9	47,56	32,7	80,3	40,8
Estilosante	4,75	22,4	74,6	1,7	24,4	8,3	46,7	34,46	81,2	42,1
Teste F (A)	0,54ns	0,66ns	3,59ns	2,25ns	0,33ns	1,97ns	0,30ns	1,18ns	0,24ns	0,78ns
DMS (Tukey)	0,29	8,33	22,77	1,69	6,58	2,07	9,15	7,83	7,27	6,38
CV%	9,5	56,5	45,8	128,0	43,7	39,1	31,4	36,2	14,3	34,6
Dose de N (B)										
N0	4,82	23,1	82,9	2,1	24,3	8,8	45,6	35,3	80,9	43,2
N1	4,81	24	74,7	1,9	24,8	8,7	46,2	35,4	81,6	43,1
N2	4,73	23,1	80,6	2,4	23,3	8,1	48,0	33,8	81,8	41,3
N3	4,77	23,9	79,5	2,0	23,6	8,2	46,3	33,9	80,1	42,1
Teste F (B)	0,81ns	0,63ns	0,12ns	0,93ns	0,39ns	0,42ns	0,77ns	0,26ns	0,40ns	0,33ns
DMS (Tukey)	0,16	2,39	37,63	0,89	4,15	2,14	4,62	6,68	4,61	6,38
CV%	5,3	15,7	73,4	65,7	26,8	39,2	15,4	29,9	8,8	23,3
Profundidade cm (C)										
0 - 5	4,77	29,2A	92,3A	2,5A	26,1A	10,7A	49,4A	39,3A	88,7A	44,3A
5 - 10	4,77	21,7B	78,3B	1,9B	23,1B	7,4B	46,0B	32,4B	78,4B	41,2B
10 - 20	4,8	19,7C	67,6C	1,9B	22,8B	7,3B	44,2B	32,0B	76,2B	41,7B
Teste F (C)	0,97ns	115,89**	22,99**	15,31**	17,97**	95,21**	18,70**	45,81**	89,31**	7,38**
DMS (Tukey)	0,06	1,58	8,75	0,29	1,48	0,66	2,06	2,04	2,38	2,09
CV%	2,6	13,7	22,5	28,3	12,6	15,9	9,1	12,1	6,0	10,1
Interação										
A X B	1,30ns	1,06ns	0,88ns	0,53ns	0,94ns	0,83ns	2,57*	0,89ns	2,49*	0,98ns
A X C	4,21**	0,47ns	3,18*	12,26**	0,43ns	15,14**	5,24**	5,31**	1,59ns	5,66**
B X C	2,38*	1,48ns	1,20ns	0,35ns	1,86ns	0,70ns	3,55**	1,64ns	0,69ns	2,97*
A X B X C	0,81ns	0,27ns	0,88ns	1,18ns	0,84ns	0,85ns	0,70ns	0,94ns	0,68ns	0,78ns
CV%	4,8	23,6	79,4	2,1	24,0	8,5	46,5	34,6	81,1	42,4

Valores com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% e 1%.

Na Tabela 8 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o pH do solo.

Tabela 8. Valores médios de pH no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

pH				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	4,9Aa	4,7Aa	4,7Aa	0,29
5 – 10	4,8Ab	4,8Aa	4,7Aa	0,29
10 – 20	4,8Aab	4,8Aa	4,8Aa	0,29
DMS	0,10	0,10	0,10	
CV%	4.2	4.2	4.2	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Não houve diferença significativa do pH entre plantas de cobertura em quaisquer das profundidades, todavia em tratamento com braquiária houve diferença significativa entre 0-5 e 5-10 cm, sendo que o pH foi maior em superfície. Segundo ANDRIOLI (2004), as alterações ocorridas na camada 0-5 á 5-10 cm de profundidade em relação a pH, podem ser devido ao incremento de matéria orgânica proporcionada pela utilização de plantas de cobertura em SSD.

Na Tabela 9 são apresentados os dados da interação de dose de N x profundidade sobre o pH do solo.

Tabela 9. Valores médios de pH no solo para Interação dose de N x profundidade.

pH					
Profundidade cm	Doses de N				DMS
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
0 – 5	4,8Aa	4,8Aa	4,7Aa	4,7Ab	0,19
5 – 10	4,8Aa	4,7Aa	4,7Aa	4,8Aab	0,19
10 – 20	4,8Aa	4,8Aa	4,7Aa	4,8Aa	0,19
DMS	0,11	0,11	0,11	0,11	
CV%	2,38	2,38	2,38	2,38	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Não houve diferença significativa do pH entre doses de N em quaisquer das profundidades. Com relação à dose de N_3 o pH aumentou em relação a profundidade sendo diferente estatisticamente entre 0-5 e 10-20 cm. Isto provavelmente foi devido a acidificação do solo causada pela alta dose de adubo nitrogenado na forma de uréia (45% de N).

Na Tabela 10 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o P do solo.

Tabela 10. Valores médios de P no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

P				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	109,1Aa	85,9ABa	82,1Ba	24,12
5 – 10	94,5Aa	69,0Bb	71,4ABa	24,12
10 – 20	69,1Ab	63,4Ab	70,4Aa	24,12
DMS	15,14	15,14	15,14	
CV%	3.2	3.2	3.2	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para plantas de cobertura na profundidade 0-5 cm houve diferença significativa entre braquiaria e estilosante campo grande, na profundidade de 5-10 cm entre braquiária e calopogônio, sendo que o teor de fósforo foi maior no tratamento com braquiária.

Quando observa-se cada planta separadamente em profundidade nota-se que, os teores de fósforo para braquiária foram maiores em 0-5 e 5-10 cm do que em 10-20 cm. E para calopogônio os teores de fósforo foram maiores em superfície.

Segundo RAIJ (1991), o fósforo tem forte interação com o solo, sendo adsorvido em solos ácidos e acrescentando matéria orgânica através de plantas de cobertura. A matéria orgânica tem a função de complexar o alumínio que

poderia ser tóxico e com isso o fósforo poderia se tornar lábil, fator esse que poderia explicar a sua diminuição gradativa em profundidade.

Na Tabela 11 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o K do solo.

Tabela 11. Valores médios de K no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

K				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	3,7Aa	1,9Bab	1,8Ba	1,69
5 – 10	2,6Ab	1,4Ab	1,7Aa	1,69
10 – 20	2,0Ac	2,0Aa	1,8Aa	1,69
DMS	0,50	0,50	0,50	
CV%	12,3**	12,3**	12,3**	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para plantas de cobertura na profundidade 0-5 cm houve diferença significativa entre braquiária e calopogônio, braquiária e estilosante campo grande, sendo que nos tratamentos com braquiária a concentração de potássio foi maior.

Observou-se que nos tratamentos com braquiária o potássio diminuiu em relação a profundidade, dados semelhantes foram encontrados por FALLEIRO et al. (2003) e por ALMEIDA et al. (2005) que encontraram diminuição do K em profundidade do solo em semeadura direta. Em calopogônio aumentou em profundidade e em estilosante campo grande manteve-se constante.

Em plantas de cobertura só houve diferença significativa na profundidade de 0-5 cm em que braquiária apresentou maiores teores de magnésio.

A profundidade de 0-5 cm para todas as plantas de cobertura foi aquela que apresentou-se maiores teores de magnésio. Este fator é explicado devido a maior concentração deste elemento na camada superficial do solo.

Na Tabela 12 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o Mg do solo.

Tabela 12. Valores médios de Mg no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

Mg				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	13,1Aa	9,5Ba	9,4Ba	2,13
5 – 10	7,5Ab	7,4Ab	7,4Ab	2,13
10 – 20	7,1Ab	6,8Ab	8,1Ab	2,13
DMS	1,14	1,14	1,14	
CV%	15,1**	15,1**	15,1**	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Na Tabela 13 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x dose de N sobre o H+Al do solo.

Tabela 13. Valores médios de H+Al no solo para Interação plantas de cobertura x dose de N.

H+Al				
Dose N	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
N ₀	46,2Aa	44,0Aa	46,7Aa	10,1
N ₁	46,6Aa	49,6Aa	42,3Aa	10,1
N ₂	44,1Aa	51,7Aa	48,2Aa	10,1
N ₃	44,3Aa	44,9Aa	49,6Aa	10,1
DMS	8,0	8,0	8,0	
CV%	2,6*	2,6*	2,6*	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para plantas de cobertura não houve diferença significativa de teores de H+Al em quaisquer doses de N.

Na Tabela 14 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o H+Al do solo.

Tabela 14. Valores médios de H+Al no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

H+Al				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	45,1Aa	52,6Aa	50,4Aa	9,20
5 – 10	46,6Aa	45,5Ab	45,9Ab	9,20
10 – 20	44,2Aa	44,6Ab	43,7Ab	9,20
DMS	3,56	3,56	3,56	
CV%	5,2	5,2	5,2	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para plantas de cobertura não houve diferença significativa de teores de H+Al em quaisquer das profundidades. Entretanto quando observa-se separadamente as plantas de cobertura, nota-se que calopogônio e estilosante campo grande apresentaram maiores teores de acides potencial em superfície.

Na Tabela 15 são apresentados os dados da interação de doses de N x profundidade sobre o H+Al do solo.

Tabela 15. Valores médios de H+Al no solo para Interação doses de N x profundidade.

H+Al					
Profundidade Cm	Doses de N				DMS
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
0 – 5	46,9Aa	47,2Aab	51,3Aa	52,1Aa	5,79
5 – 10	44,4Aa	47,8Aa	46,7Ab	45,1Ab	5,79
10 – 20	45,5Aa	43,5Ab	46,1Ab	41,7Ab	5,76
DMS	4,12	4,12	4,12	4,12	
CV%	3,55	3,55	3,55	3,55	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Na dose N₁, houve diferença significativa entre as profundidades 5-10 e 10-20 cm. Nas doses de N₂ e N₃ a acidez potencial foi significativamente maior em superfície.

Na Tabela 16 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre a SB do solo.

Tabela 16. Valores médios de SB no solo para Interação plantas de cobertura x profundidade.

SB				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 – 5	44,0Aa	36,6Aa	37,3Aa	8,06
5 – 10	33,9Ab	31,6Ab	31,9Ab	8,06
10 – 20	31,9Ab	30,0Ab	34,2Aab	8,06
DMS	3,54	3,54	3,54	
CV%	5,31	5,31	5,31	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para plantas de cobertura não houve diferença significativa de teores da SB.

Porém quando observadas individualmente todas diferiram significativamente da primeira camada para a segunda, independentemente da planta de cobertura, indicando que a extração maior de bases foi abaixo da camada de 0,5 m.

Para plantas de cobertura houve diferença significativa nos valores de CTC, entre braquiária e calopogônio, sendo que este apresentou diferença entre a dose testemunha N_0 e N_2 .

Na Tabela 17 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x dose de N sobre a CTC do solo.

Tabela 17. Valores médios de CTC no solo para Interação plantas de cobertura x dose de N.

CTC				
Doses N	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
N ₀	85,3Aa	76,2Bb	81,1ABa	8,73
N ₁	82,8Aa	80,5Aab	81,5Aa	8,73
N ₂	81,1Aa	84,9Aa	79,5Aa	8,73
N ₃	78,4Aa	79,4Aab	82,6Aa	8,73
DMS	7,99	7,99	7,99	
CV%	2.5	2.5	2.5	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Na Tabela 18 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x profundidade sobre o V% do solo.

Tabela 18. Valores médios de V% no solo para Interação plantas de cobertura x dose de N.

V%				
Profundidade cm	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
0 - 5	49,37Aa	41,31Aa	42,25Aa	9,25
5 - 10	41,93Ab	41,00Aa	40,56Aa	9,25
10 - 20	41,75Ab	40,12Aa	43,37Aa	9,25
DMS	3,61	3,61	3,61	
CV%	5,7	5,7	5,7	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para saturação por base a única diferença encontrada foi quando se utilizou braquiária na profundidade de 0-5 cm onde o V% foi maior.

Na Tabela 19 são apresentados os dados da interação de doses de N x profundidade sobre o V% do solo.

Tabela 19. Valores médios de V% no solo para Interação doses de N x profundidade.

Profundidade cm	V%				DMS
	Doses de N				
	N ₀	N ₁	N ₂	N ₃	
0 - 5	46,66Aa	46,41Aa	42,91Aa	41,25Aa	7,26
5 - 10	42,58Aab	40,58Ab	40,83Aa	40,66Aa	7,26
10 - 20	40,41Ab	42,41Aab	40,00Aa	44,16Aa	7,26
DMS	4,17	4,17	4,17	4,17	
CV%	3.0	3.0	3.0	3.0	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Quando interagiram doses e profundidades só houve diferença significativa para tratamento testemunha N₀ entre as camadas 0-5 e 10-20 cm, e para as doses N₁ para as camadas 0-5 e 5-10 cm.

4.3 Produtividade de milho

4.3.1 Safra 2007/08 e 2008/09

Na Tabela 20 são apresentados os valores de produtividade de milho na safra 2007/08 e 2008/09 em função do sistema de semeadura direta, plantas de cobertura, dose de N e profundidade.

Tabela 20. Valores de produtividade milho na safra 2007/08 e 2008/09, em função das plantas de cobertura.

Tratamentos	Safra-2007/08 (kg ha ⁻¹)	Safra-2008/09 (kg ha ⁻¹)
Blocos	0,98ns	4,08ns
Plantas de cobertura (A)		
Braquiária	7360,76C	8051,75B
Calopogônio	7729,51B	7871,74B
Estilosante	7922,52A	8647,13A
Teste F (A)	58,59**	64,27**
DMS (Tukey)	161,8	219,64
CV%	1,9	2,5
Dose de N (B)		
N ₀	6323,34D	6850,56D
N ₁	7336,84C	8116,24C
N ₂	8130,84B	8649,30B
N ₃	8892,70A	9144,73 ^a
Teste F (B)	594,24**	134,18**
DMS (Tukey)	174,6	329,7
CV%	2,0	3,6
Interação		
A X B	29,63**	7,22**

Valores com letras iguais na coluna não diferem entre si pelo teste tukey a 5% e 1%.

Houve diferença significativa entre as plantas de cobertura Braquiária, Calopogônio e Estilosante campo grande para a produtividade do milho nas safras 2007/08 e 2008/09, sendo que nesta última safra, Braquiária e Calopogônio não diferiram estatisticamente (Tabela 20). Nas duas safras 2007/08 e 2008/09 a maior produtividade foi com Estilosante do campo grande de 7922,52 kg/ha e 8647,13 kg/ha respectivamente. Observou-se incremento na produção de um ano para outro. O aumento proporcionado pela leguminosa, são da mesma magnitude daqueles encontrados por AITA et al. (1994 apud AITA et al., 2001) e por PAVINATO et al. (1994 apud AITA et al., 2001), ao trabalharem com ervilha comum, ervilha forrageira, chícaro, tremoço azul e aveia preta. E por FRYE et al.

(1985 apud AITA et al., 2001), ao comparar o rendimento do milho após ervilhaca peluda.

Houve diferença significativa entre o tratamento sem aplicação de N (testemunha) e as doses N₁, N₂ e N₃ nas duas safras 2007/08 e 2008/09 conforme (Tabela 20), a produtividade foi aumentando com o aumento das doses, atingindo a produtividade máxima para a dose N₃ que foi de 8892,70 kg/ha e 9144,73 kg/ha respectivamente. Este aumento de produtividade em resposta a aplicação de N também foi observada por (FORNASIERI FILHO, 1992).

Entretanto, vale ressaltar que mesmo no tratamento testemunha a produtividade do milho foi superior que a média local da região, estimada para safra 2008/09, de 7438 kg/ha⁻¹ (CAROL, 2010). Assim foi observado o efeito benéfico do uso de plantas de cobertura em pré-safra para o suprimento de N à cultura do milho, de acordo com ANDRIOLI et al. (2008), o que poderia contribuir com os produtores de baixa renda na redução do uso de fertilizantes nitrogenados, no entanto, para melhor comprovação científica desse fato faz-se necessário análises de N nas plantas de cobertura e na cultura do milho que não foi objetivo deste estudo.

Na Tabela 21 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x doses de N sobre a produtividade da safra 2007/08.

Tabela 21. Valores de produtividade de milho safra 2007/08 para Interação plantas de cobertura x dose de N.

Safr 2007/08				
Dose N	Plantas de cobertura			DMS
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	
N ₀	6466,26Ac	6123,26Bc	6380,49ABd	268
N ₁	6605,38Cc	7972,85Ab	7432,29Bc	268
N ₂	7597,80Cb	8134,78Bb	8659,95Ab	268
N ₃	8773,61Ba	8687,15Ba	9217,36Aa	268
DMS	302	302	302	
CV%	26,6	26,6	26,6	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Para interação doses de N *versus* plantas de cobertura obteve-se diferença significativa para plantas de cobertura braquiária, calopogônio e estilosante campo grande (Tabela 21).

Para o tratamento testemunha N_0 houve diferença significativa entre braquiária e calopogônio, para dose N_1 e N_2 houve diferença significativa entre braquiária, calopogônio e estilosante campo grande respectivamente, para dose N_3 houve diferença significativa entre estilosante campo grande para as demais plantas de cobertura.

Foram encontradas as maiores produtividade de milho, na dose de N_3 para todas as plantas de cobertura.

Para a planta de cobertura braquiária, houve diferença significativa para as doses N_3 , N_2 , N_1 , todavia a calopogônio diferiu significativamente para as doses N_3 , N_2 e testemunha. Para o estilosante campo grande houve diferença significativa na medida em que se aumentava a dose de N, respectivamente para todas as doses.

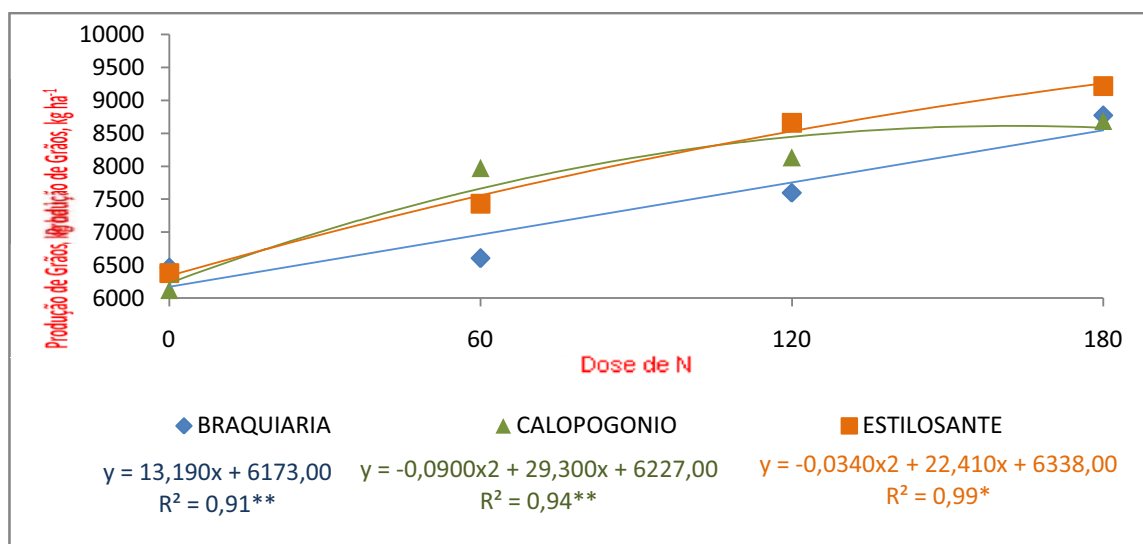


Figura 16. Valores de produtividade do milho safra 2007/08, plantas de cobertura e doses de N.

O modelo ajustado mostrou que 0,99% da variabilidade da produtividade do milho foi explicada pelas doses de N, e essa relação entre as variáveis foi linear e crescente.

Os coeficientes de determinação foram respectivamente 0,91%, 0,94% e 0,99%, (braquiária, calopogônio e estilosante campo grande).

Observa-se, na Figura 16, que a planta de cobertura que melhor influenciou a produtividade do milho nesta safra foi o estilosante campo grande.

O resultado para está leguminosa que tem grande capacidade de fixação de N no solo e consorciada à aplicação química de N na forma de uréia (45%N), e sabendo da grande resposta da cultura do milho para este nutriente, tem se a hipótese para o aumento significativo a produção de $9.217,36 \text{ kg/ha}^{-1}$.

Foi observado que a calopogônio na dose N_1 ao contrario do estilosante campo grande e braquiária, teve aumento em produtividade superior para as demais plantas de cobertura.

Porém, quando adicionando doses de N_2 e N_3 , sua resposta em produtividade foi inferior para as demais, comparada a braquiária e estilosante campo grande que teve um aumento crescente na medida em que se aumentaram as doses de N (Figura 17), a braquiária foi superior em produtividade a calopogônio na dose de N_3 .

Foi observado na interação doses de N *versus* planta de cobertura diferença significativa para todas as doses N (N_1 , N_2 e N_3) e testemunha (N_0) sem aplicação de N, conforme apresentado na (Tabela 22).

Na Tabela 22 são apresentados os dados da interação de plantas de cobertura x doses de N sobre a produtividade da safra 2008/09.

Tabela 22. Valores de produtividade safra 2008/09 para Interação plantas de cobertura x dose de N.

DOSES	Produtividade 2009			
	Plantas de cobertura			
	Braquiária	Calopogônio	Estilosante	DMS
N ₀	6609,71Bc	6535,16Bc	7406,82Ac	477
N ₁	7566,51Bb	8403,11Aab	8379,09Ab	477
N ₂	8792,79Ba	7932,21Ab	9222,89Aa	477
N ₃	9238,01Aa	8616,48Ba	9579,70Aa	477
DMS	571	571	571	
CV%	7,2	7,2	7,2	

Valores seguidos da mesma letra (maiúscula na linha e minúscula na coluna) não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5%.

Observou diferença significativa no tratamento testemunha N₀ entre planta de cobertura estilosante campo grande para as demais, dose N₁ e N₂ e diferença significativa de braquiária para as demais, e na dose N₃ houve diferença significativa entre calopogônio e as demais plantas de cobertura. Está diminuição de produtividade para planta de cobertura calopogônio safra 2008/09, pode estar relacionada ao fato de ter ocorrido chuvas pesadas na área do experimento e pela rápida decomposição da mesma, o solo ficou desprotegido durante a emergência e crescimento da cultura do milho, ocorrendo perda de solo nos primeiros centímetros (2 a 5cm), onde se concentra a maior quantidade de nutrientes no solo, essenciais para a cultura do milho. Diminuindo assim sua disponibilidade, podendo ter influenciado na produtividade final.

Para a planta de cobertura braquiária e estilosante campo grande, houve diferença significativa na testemunha e doses (N₁, N₂), todavia para calopogônio houve diferença significativa nas doses (N₂, N₃) e testemunha.

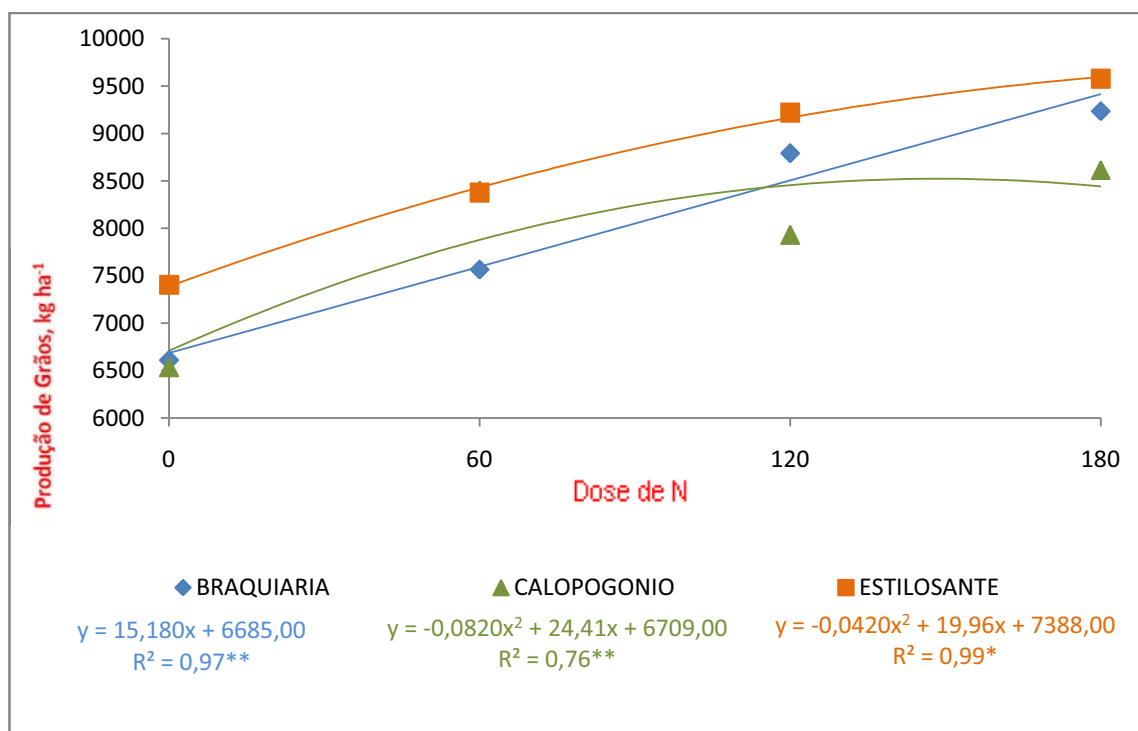


Figura 17. Valores de produtividade do milho safra 2008/09, plantas de cobertura e doses de N.

O modelo ajustado mostrou que 0,99% da variabilidade da produtividade do milho foi explicada pelas doses de N, e essa relação entre as variáveis foi quadrática e crescente.

Os coeficientes de determinação foram respectivamente 0,97%, 0,76% e 0,99% (braquiária, calopogônio e estilosante campo grande). Observa-se no gráfico acima que a planta de cobertura que melhor influenciou a produtividade do milho nesta safra foi o estilosante campo grande. A hipótese para está afirmativa é a capacidade desta leguminosa em fixar N no solo, consorciada a aplicação química do mesmo nutriente, que tem grande resposta em produtividade.

Foi observado, um incremento na produção de um ano para outro e diferença significativa entre as doses (N_1 , N_2 e N_3) e testemunha (N_0) sem aplicação de N, para as safras 2007/08 e 2008/09 conforme apresentado nas Figuras 16 e 17 e Tabela 20.

Para a safra 2008/09, foi observado na planta de cobertura braquiária e estilosante campo grande, aumento crescente na produtividade na medida que era adicionado doses N, efeito esse contrario a calopogônio que teve diminuição da produtividade em dose N₂. Fato esse ocorrido possivelmente, devido à capacidade de decomposição da cobertura morta da mesma, ser mais rápida (Figura 9B) com relação às demais plantas de cobertura (Figura 8B.A-B) testadas neste experimento. Outra hipótese observada foi a ocorrência de chuva pesada no experimento ocasionando a perda de solo superficial.

Deixando o solo desprotegido para chuvas temperaturas e outros fatores climáticos.

V. CONCLUSÕES

- a) A utilização de plantas de cobertura no presente trabalho, não diferiram entre os atributos físicos e químicos do solo.
- b) A utilização de plantas de cobertura consorciadas ou em pré-safra com adição de doses de N mineral aumentou a produtividade do milho.
- c) O estilosante campo grande foi a planta de cobertura que apresentou as melhores produtividades com e sem adição de N.

VI. REFERÊNCIAS

AITA, C. et al. Espécies de inverno como fonte de nitrogênio para o milho no sistema de cultivo mínimo e feijão em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 101-108, 1994.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, p.157-165, 2001.

ALCÂNTARA, F.A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.277-288, 2000.

ALMEIDA, J.A. et al. Propriedades químicas de um Cambissolo Húmico sob preparo convencional e semeadura direta após seis anos de cultivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.437-445, 2005.

ALVARENGA, R.C. et al. Estabilidade de agregados de um Latossolo Roxo sob diferentes métodos de preparo do solo e de manejo da palhada de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 10, p. 273-277, 1986.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J. Estimativa da adubação nitrogenada para o milho em sistemas de manejo e culturas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 553-560, 2000.

AMADO, T.J.C.; MIELICZUCK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p.241-248, 2002.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S.B. Leguminosas e adubação mineral como fonte de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.179-189, 2000.

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos do cerrado brasileiro. **Rev. bras. eng. agríc. ambient.**, Campina Grande, v. 13, n. 4, ago. 2009. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662009000400003&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 01 mar. 2010.

ANDRIOLI, I. **Plantas de cobertura em pré-safra á cultura do milho em plantio direto, na região de Jaboticabal-SP**. 2004. 78f. Tese (Livre Docência em Pedologia) - "Faculdade de Ciencias Agrarias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

ANDRIOLI, I. et al. Produção de milho em plantio direto com adubação nitrogenada e cobertura do solo na pré-safra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 4, ago. 2008. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832008000400034&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 17 out. 2009.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos, Versão 1.0, 2010.

BORGES, D.F. et al. Recuperação da agregação pelo uso de leguminosas e gramíneas em solos Podzólicos Vermelho-Amarelo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MANEJO E CONSERVAÇÃO DO SOLO E DA ÁGUA, 10, Florianópolis, 1994. **Resumos**. Florianópolis, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1994. p. 428.

BORKERT, C. M. et al. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, 2003.

CALONEGO, J.C.; FOLONI, J.S.S.; ROSOLEM, C.A. Lixiviação do potássio da palha de plantas de cobertura em diferentes estágios de senescência após a dessecação química. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.29, p.99-108, 2005.

CAMPOS, B.C. et al. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 121-126, 1995.

CANTARELLA, H. et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico/Fundação IAC, 1997. (Boletim Técnico, 100). p.43-72.

CAROL. Cooperativa dos Agricultores da Região de Orlândia. Média de produtividade de milho na região de Ituverava. Ituverava, 2010. Comunicação pessoal.

CARPENEDO, V.; MIELNICZUK, J. Estado de agregação e qualidade de agregados de Latossolos Roxos, submetidos a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 14, p. 99-105, 1990.

CARVALHO FILHO, A. et al. Agregação de um latossolo vermelho submetido a cinco sistemas de preparo do solo em Uberaba - MG. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 27, n. 1, abr. 2007. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162007000100026&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 23 mar. 2010.

CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O.; PODANOSCHI, A. L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num Latossolo Roxo distrófico, em função de sistema de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, p.527-538, 1998.

CERETTA, C.A. et al. Produção e decomposição de fitomassa de plantas invernais de cobertura de solo e milho, sob diferentes manejos da adubação nitrogenada. **Ciência Rural**, v.32, p.49-54, 2002.

CLARK, A.J. et al. Kill date of vetch, rye and a vetch-rye mixtures: I. Cover crop and corn nitrogen. **Agron. J.**, v. 89, p. 427-434, 1997.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Prospeção para a safra 2006/07 de milho. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=111>>. Acesso em: 05 maio. 2010.

DE-POLLI, H.; CHADA, S.S. Adubação verde incorporada ou em cobertura na produção de milho em solo de baixo potencial de produtividade. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p.287-293, 1989.

DEXTER, A. R. Soil physical quality. Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth. **Geoderma**, v.120, p.201-214, 2004.

DUARTE, J. de O. Introdução e importância econômica do milho. In: CRUZ, J. C.; VERSIANI, R. P.; FERREIRA, M. T. R. (Ed.). **Cultivo do milho**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. (Embrapa Milho e Sorgo.Sistema de Produção, 1). Disponível em:

<<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho/importancia.htm>>. Acesso em: 13 mai. 2010.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária - CPAO. Sistema plantio direto: razões para adoção, requisitos necessários e resultados esperados. **Informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA-CPAO, 1995.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisas de Solos. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p.

EMBRAPA. Empresa Brasileira De Pesquisa Agropecuária. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 2006. 306p.

ERICKSON, A.E. Tillage effects on soil aeration. In: PREDICTING TILLAGE EFFECTS ON SOIL PHYSICAL PROPERTIES AND PROCESSES, 1982., Madison. **Proceedings. American Society of Agronomy**, 1982. p.91-104.

FALLEIRO, R.M. et al. Influência dos sistemas de preparo nas propriedades químicas e físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.27, p. 1097-1104, 2003.

FORNASIERI FILHO, D. **A cultura do milho**. Jaboticabal: Funep, 1992.

FRYE, W.W.; SMITH, W.G.; WILLIAMS, R.J. Economics of winter cover crops as a source of nitrogen for no-till corn. **J. Soil Water Conser.**, v. 40, p. 246-249, 1985.

GONÇALVES, C.N.; CERETTA, C.A.; BASSO, C.J. Sucessões de culturas com plantas de cobertura e milho em plantio direto e sua influência sobre o nitrogênio do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p.153-159, 2000.

HAYNES, R.J.; BEARE, M.H. Influence of six crop species on aggregate stability and some labile organic matter fractions. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.1647-1653, 1997.

HEINRICHS, R. et al. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação C/N da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.331-340, 2001.

HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de N pelas culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20, p.1021-1030, 1985.

KAY, B.D.; ANGERS, D.A. Soil structure. In: A. SUMNER, M.E. (Ed.). **Handbook of Soil Science**. Boca Raton: CRC Press, 1999. p. 229-276.

KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. Size distribution of aggregates. In: BLAKE, C.A.; EVANS, D.D.; WHITE, J.L.; ENSMINGER, L.E.; CLARK, F.E. (Ed.). **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling**. Madison: American Society of Agronomy, 1965. p.499- 510.

KEMPER, W. D.; ROSENAU, R. C. Aggregate stability and size distribution. In: KLUTE, A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical methods**. 2. ed. Madison: American Society of Agronomy, 1986. p. 425-441.

LAL, R.; BRUCE, J.P. The potential do world cropland soils to sequester C and mitigate the greenhouse effect. **Environ. Sci. Pollut.**, v. 2, p. 177-185, 1999.

LAURANI, R. A. et al. Distribuição de poros de um latossolo vermelho eutroférrico na fase de implantação de um sistema de plantio direto. **Eng. Agríc.**, Botucatu, v. 24, n. 2, ago. 2004. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162004000200013&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 23 mar. 2010.

MARCELO, V. A. **Atributos químicos do solo, estado nutricional e produtividade de soja, milho e arroz após culturas de inverno em semeadura direta**. 2007. 02f. Dissertação (Mestrado) - "Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

MARTINS, R.M.G.; ROSA JÚNIOR, E.J. Culturas antecessoras influenciando a cultura do milho e os atributos do solo em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.27, p.225-232, 2005.

MENDES, I.C. et al. Propriedades biológicas em agregados de um Latossolo Vermelho-Escuro sob plantio convencional e direto no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 435-443, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 5. ed. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 2001. 849p.

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.1, p.95-102, 1983.

PALADINI, F.L.S.; MIELNICZUK, J. Distribuição do tamanho dos agregados de um solo Podzólico Vermelho-Escuro afetado por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 15, p. 135-140, 1991.

PAVINATO, A.; AITA, C.; CERETTA, C.A.; BEVILAQUA. G.P. Resíduos culturais de espécies de inverno e o rendimento de grãos de milho no sistema de cultivo mínimo. **Pesq. Agropec. Bras.**, v. 29, p. 427-432, 1994.

PÖTTKER, D.; ROMAN, E.S. Efeito de resíduos de culturas e do pousio de inverno sobre a resposta do milho a nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.29, p.763-770, 1994.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1991. 343p.

RAIJ, B. van et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas, 2001. 285p.

RAIJ, B. Van. et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170 p.

REINERT, D.J. et al. Efeito de diferentes métodos de preparo de solo sobre a estabilidade de agregados em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. **Ciência Rural**, v.19, p.19-25, 1984.

ROJAS, C.A.L.; VAN LIER, Q.J. Alterações físicas e hídricas de um Podzólico em função de sistemas de preparo. **Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, v.5, p.105-115, 1999.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S. S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura de solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n.2, p. 355-362, 2003.

SÁ, J. C. M. et al. Organic Matter Dynamics and Carbon Sequestration Rates for a Tillage Chronosequence in a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 65, p. 1486-1499. 2001.

SARMENTO, P. et al. Atributos químicos e físicos de um argissolo cultivado com *Panicum maximum* Jacq. cv. IPR-86 Milênio, sob lotação rotacionada e adubado com nitrogênio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa , v. 32, n. 1, Feb. 2008. Acesso em: 16 maio. 2010.

SCHICK, J. et al. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: I- Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 427-436, 2000.

SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; CAMARGO, D.A. Influencia da compactação nas propriedades físicas de dois latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 10, p. 91-95, 1986.

SILVA, M.A.S. et al. Atributos físicos do solo relacionados ao armazenamento de água em um Argissolo Vermelho sob diferentes sistemas de preparo. **Ciência Rural**, v.35, p.544-552, 2005.

SILVA, M.L. et al. Estabilidade e resistência de agregados de um Latossolo Vermelho- Escuro cultivado com sucessão milho-adubo verde. **Revista Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 97-103, 1998.

SILVA, I.F.; MIELNICZUK, J. Avaliação do estado de agregação do solo afetado pelo uso agrícola. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, p. 313-319, 1997.

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Teores de nutrientes e de matéria orgânica afetados pela rotação de culturas e sistema de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.387-394, 2001.

SPAGNOLLO, E. et al. Leguminosas estivais intercalares como fonte de nitrogênio para milho, no sul do Brasil. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 417-423, 2002.

STEVENSON, F.J. **Humus chemistry**: Genesis, composition, reactions. 2.ed. New York: John Wiley e Sons, 1994. 496p.

STONE, L. F.; GUIMARÃES, C. M.; MOREIRA, J. A. A. Compactação do solo na cultura do feijoeiro. I: Efeitos nas propriedades físico-hídricas do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.6, p.207-212, 2002.

STONE, L.F.; GUIMARÃES, C.M. **Influência de sistemas de brotação de culturas nos atributos físicos do solo**. Santo Antônio de Goiás, Embrapa Arroz e Feijão, 2005. 15p. (Embrapa Arroz e Feijão. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 16)

SULLIVAN, P.G.; PARRISH, D.J.; LUNA, J.M. Cover crop contributions to N supply and water conservation in corn production. **Am. J. Alter. Agric.**, v. 6, p. 106-113, 1991.

TESTA, V.M.; TEIXEIRA, L.A.J.; MIELNICZUK, J. Características químicas de um Podzólico Vermelho-Escuro afetadas por sistemas de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.16, p.107-114, 1992.

TISDALL, J.M.; OADES, J.M. Organic matter and waterstable aggregates in soils. **J. Soil Sci.**, v. 33, p. 141-163, 1982.

TOPP, G.C.; ZEBTCHUK, W. The determination of soil water desorption curves for soil cores. **Can. J. Soil Sci.**, 59:19-26, 1979.

TORMENA, C.A.; ROLOFF, G.; SÁ, J.C.M. Propriedades físicas do solo sob plantio direto influenciadas por calagem, preparo inicial e tráfego. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.22, p.301-309, 1998.

TRABUCO, M. **Produtividade de milho em plantio direto após plantas de cobertura**. 2008. 10f. Dissertação (Mestrado) - "Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2008.

WENDLING, B. et al. Carbono orgânico e estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho sob diferentes manejos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.40, p.487-494, 2005.

WOHLENBERG, E.V. et al. 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, p.891-900, 2004.

YODER, R.E. A direct method of aggregate analysis of soils and a study of the physical nature of erosion losses. **J.Am. Soc. Agr.**, v. 28, p. 337-351, 1936.

APÊNDICE

APÊNDICE A - Condução do experimento safra 2007/2008.

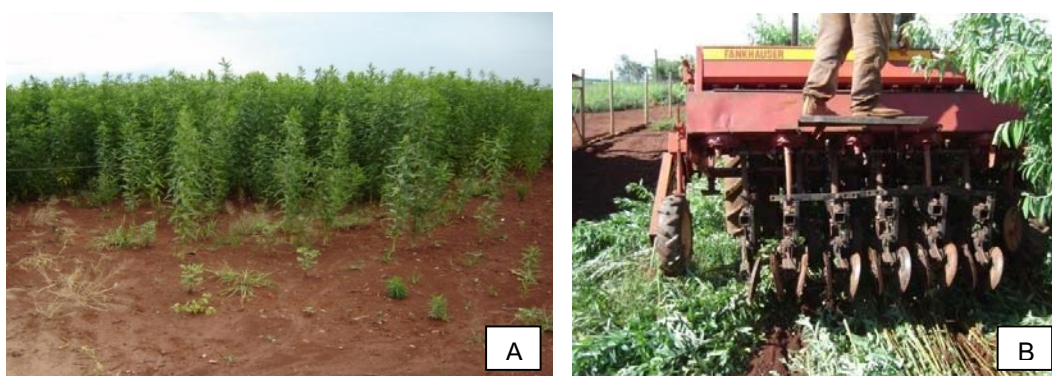


Figura 2A. A) Início da dessecação mediante a aplicação de herbicida. B) Semeadura do milho em espaçamento 0,90m, e plantas de cobertura 0,90m.

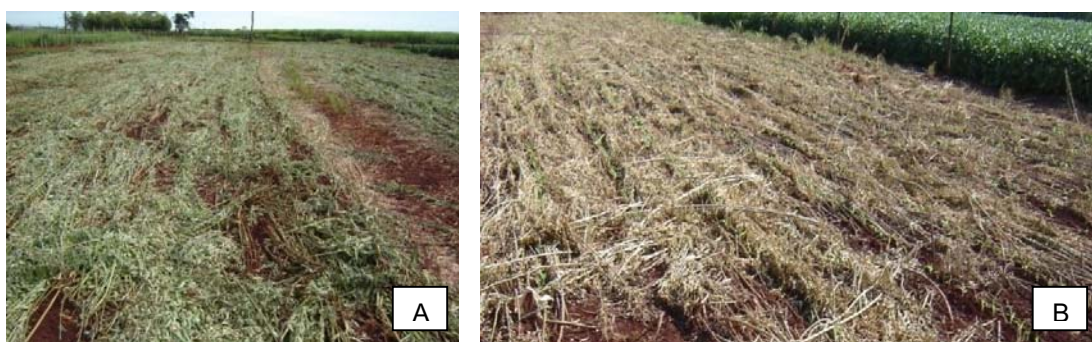


Figura 3A. A) Área depois de semeada com milho e plantas de cobertura, safra 2007/2008. B) Emergência da cultura do milho safra 2007/2008.



Figura 4A. Milho consorciado com plantas de cobertura, calopogônio (A), braquiária (B) e estilosante (C).

APÊNDICE B - Condução do experimento safra 2008/2009 e amostragem de solo para determinação de seus atributos.

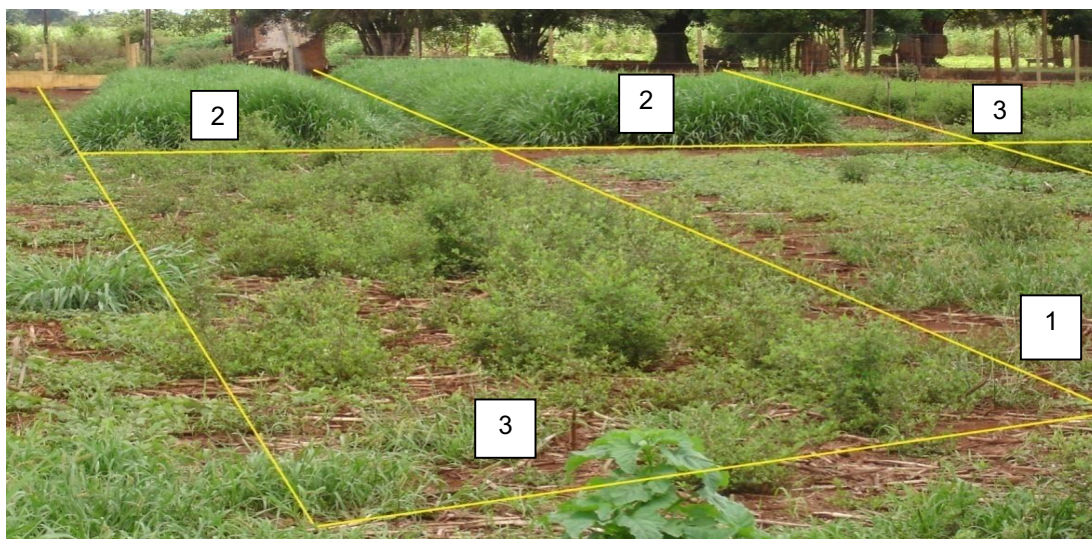


Figura 5B. Plantas de cobertura, calopogônio (1), braquiária (2), estilosante campo grande (3), instaladas na área safra 2007/2008.



Figura 6B. Planta de cobertura estilosante, dessecada para a semeadura 2008/2009.

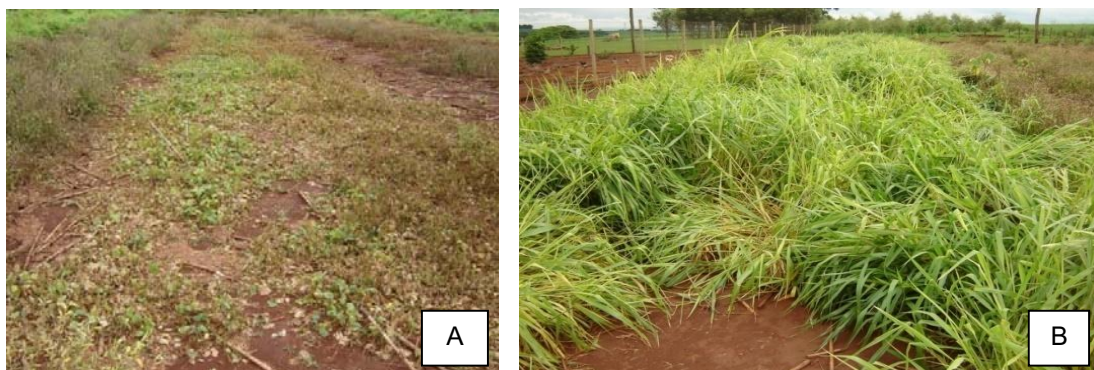


Figura 7B. A) Planta de cobertura calopogônio, dessecada para a semeadura 2008/2009. B) Planta de cobertura braquiária, dessecada para a semeadura 2008/2009.

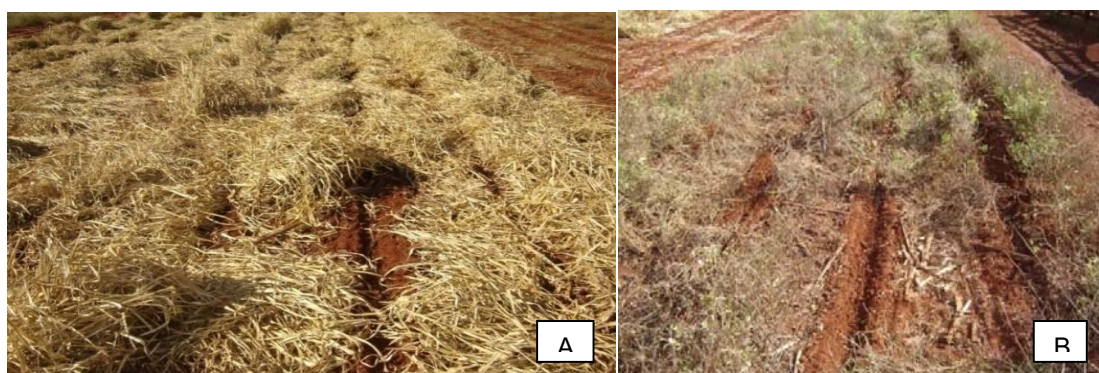


Figura 8B. A) Semeadura do milho sobre palhada de braquiária, safra 2008/2009. B) Semeadura do milho sobre palhada de estilosante, safra 2008/2009.



Figura 9B. Semeadura do milho sobre palhada de calopogônio, safra 2008/2009.

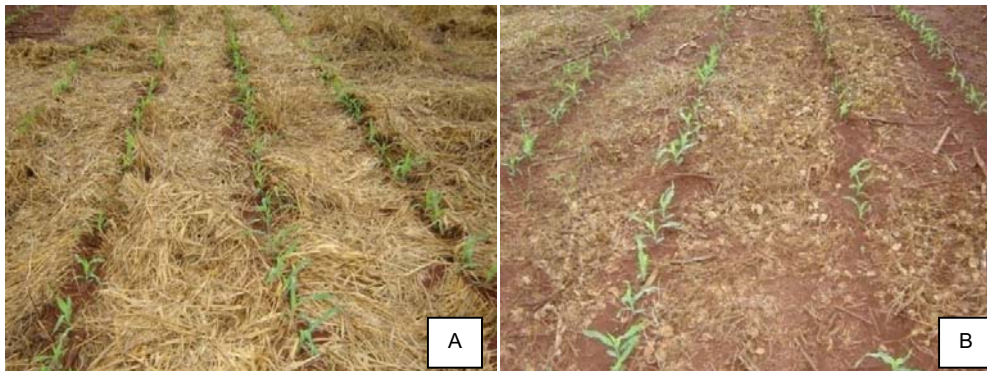


Figura 10B. A) Emergência do milho sobre palhada de braquiária, safra 2008/2009. B) Emergência do milho sobre palhada de calopogônio, safra 2008/2009.



Figura 11B. Emergência do milho sobre palhada de estilosante, safra 2008/2009.



Figura 12B. Colheita safra 2008/2009.



Figura 13B. Amostra de solo para determinação de agregado.



Figura 14B. Sequência da coleta de solo com cilindros para a determinação das propriedades físicas do solo.

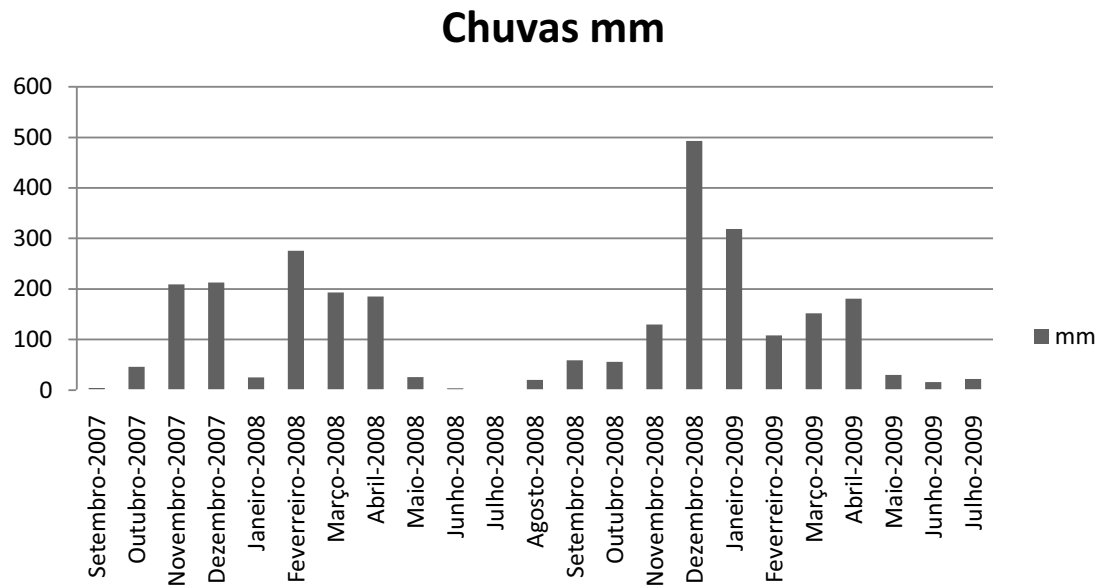
APÊNDICE C – Precipitação pluviométrica do experimento.

Figura 15C. Precipitação pluviométrica durante o experimento.