

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
CÂMPUS DOIS VIZINHOS
CURSO DE AGRONOMIA

DIONATA RICARDO PISKE

**FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO COM USO
DE PLANTAS DE COBERTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO II

DOIS VIZINHOS
2016

DIONATA RICARDO PISKE

**FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO COM USO
DE PLANTAS DE COBERTURA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do curso de Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do Título de “Engenheiro Agrônomo”.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição

DOIS VIZINHOS
2016



TERMO DE APROVAÇÃO

FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO COM USO DE PLANTAS DE COBERTURA

por

DIONATA RICARDO PISKE

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 05 de dezembro de 2016 como requisito parcial para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Orientador: Paulo Cesar Conceição
UTFPR - Dois Vizinhos

Carlos Alberto Casali
UTFPR - Dois Vizinhos

Sidnei Kuster Ranno
UTFPR - Dois Vizinhos

Angélica Signor Mendes
Responsável pelos Trabalhos
de Conclusão de Curso

Lucas da Silva Domingues
Coordenador do Curso
UTFPR - Dois Vizinhos

* A Folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso de Agronomia

EPÍGRAFE

“Nunca deixe o medo de errar impedir que você jogue” (Albert Einstein)

Resumo

PISKE, D. R.. **FERTILIDADE DO SOLO SOB PLANTIO DIRETO COM USO DE PLANTAS DE COBERTURA**. 47 p. Trabalho de conclusão de curso (Engenheiro Agrônomo). Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

O sistema plantio direto surgiu na década de 70 e atualmente é considerado um método conservacionista de solo devido seus benefícios gerados a ele, sendo que, com o uso de plantas de cobertura de solo, seus efeitos são melhorados devido a alterações na fertilidade do solo que envolve a capacidade que o solo possui em ceder nutrientes para as plantas. O trabalho tem por objetivo avaliar os parâmetros de fertilidade do solo em sistema plantio direto com o uso de plantas de cobertura de solo. O trabalho foi elaborado na UTFPR-DV em um experimento que já vem sendo conduzido desde 2010. O delineamento experimental é de blocos ao acaso com três repetições, contando com combinações de plantas de cobertura de verão e inverno antecedendo a cultura do milho. As parcelas de inverno são compostas por 8 tratamentos: aveia preta; azevém; centeio; tremoço branco; ervilhaca comum; nabo forrageiro; aveia + ervilhaca; e aveia + ervilhaca + nabo. As parcelas de verão são compostas por 8 tratamentos: crotalária juncea; crotalária spectabilis; feijão de porco; guandu anão; lab lab; mucuna anã; mucuna preta; e pousio. Estas parcelas de inverno e de verão são subdivididas com o uso de nitrogênio mineral (ureia) na dose de 180 kg/ há (aplicado em cobertura no milho) e sem o uso de N mineral. Foi analisada a fertilidade de solo em amostras coletadas estratificadas até 20 cm de profundidade, sendo os parâmetros avaliados N, P, K, Ca, Mg, SB, CTC a pH 7,0, V%, MO, Carbono (estoque), pH (em água e índice SMP), Al e H+Al. Os resultados observados foram alterações nos atributos avaliados em função das plantas de cobertura utilizadas e a presença ou ausência de nitrogênio mineral. Nas parcelas subdivididas com o uso de plantas de cobertura de inverno ocorreu alteração nos teores de N, K, Ca, Mg, SB, CTC a pH 7,0, Carbono, pH em água e Al em função do uso de N mineral, além de ocorrer interação entre espécies utilizadas e a dose de N para o teor de P no solo. Nas parcelas subdivididas com o uso de plantas de cobertura de verão ocorreu alteração nos teores de P, Mg, pH em água e Al em função do uso de N mineral.

Palavras chaves: Sistema conservacionista. Adubos verdes. Ciclagem de nutrientes.

Abstract

PISKE, D. R.. SOIL FERTILITY UNDER DIRECT PLANTING WITH COVER CROPS USE. 47 p. Completion of course work (Agronomist). Federal Technological University of Paraná. Dois Vizinhos, 2016.

No-tillage system emerged in the 1970s and is currently considered a soil conservation method because of its benefits generated by it, and with the use of soil cover plants its effects are improved due to changes in soil fertility. It involves the ability of soil to produce nutrients for plants. The objective of this work is to evaluate soil fertility parameters in no-tillage system with the use of soil cover plants. The work was elaborated at UTFPR-DV in an experiment that has been carried out since 2010. The experimental design is a randomized complete block design with three replications, with the combinations of summer and winter cover plants preceding the maize crop. The winter lots are composed of 8 treatments: black oats; ryegrass; rye; Lupine white; Common vetch; Fodder turnip; Oat + vetch; And oats + vetch + turnip. The summer lots are composed of 8 treatments: *Crotalaria juncea*; *Crotalaria spectabilis*; Pork bean; Pigeon peacock; Lab lab; *Mucuna* dwarf; Black *Mucuna*; And in fallow. These winter and summer lots are subdivided with the use of mineral nitrogen (urea) at the rate of 180 kg / ha (applied to corn cover) and without the use of minerals N, P, K, Ca, Mg, SB, O, CTC at pH 7.0, V%, MO, Carbon (stock), pH were analyzed for soil fertility in stratified samples up to 20 cm deep. (In water and SMP index), Al and H + Al. The observed results were alterations in the attributes evaluated as a function of the cover plants used and the presence or absence of mineral nitrogen. The N, K, Ca, Mg, SB, CTC at pH 7.0, Carbon, pH in water and Al content due to the use of mineral N occurred in the subdivided plots using winter cover crops. Interaction between the species used and the dose of N for the P content of the soil. In the plots subdivided with the use of summer cover plants, changes in P, Mg, pH in water and Al due to the use of mineral N occurred.

Key words: Conservation system. Green manures. Nutrient cycling.

INDICE DE TABELAS

Tabela 1: Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada a produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.	20
Tabela 2: Densidade de sementes (DS) utilizadas para semeadura de parcelas de plantas de cobertura de inverno:	25
Tabela 3: Densidade de sementes (DS) utilizadas para semeadura de parcelas de plantas de cobertura de verão:	25
Tabela 4: Médias das doses 180 Kg/ha de N (com) e zero (sem) com uso de plantas de cobertura de inverno nos atributos de fertilidade em três camadas. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2016.	27
Tabela 5: Médias das doses 180 Kg/ha de N (com) e zero (sem) com uso de plantas de cobertura de Verão nos atributos de fertilidade em três camadas. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2016.....	37

SUMÁRIO

1.0	INTRODUÇÃO	9
2.0	REVISÃO DE LITERATURA	10
2.1	PLANTIO DIRETO	10
2.2	PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO	12
2.3	FERTILIDADE DO SOLO	17
2.4	MILHO	19
3.0	MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1	LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL	23
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	24
3.3	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	26
4.0	RESULTADOS E DISCUSSÕES	26
4.1	ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS AVALIADOS DE SOLO COM O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO	26
4.2	ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS AVALIADOS DE SOLO COM O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO	36
5.0	CONCLUSÕES	41
6.0	REFERÊNCIAS	42

1.0 INTRODUÇÃO

Na década de 70 no Sul do Brasil surgiu o sistema plantio direto (SPD) consagrando-se como uma das maiores melhorias no meio produtivo da agricultura brasileira e na década de 90 ocorreu um amplo crescimento da área manejada nesse sistema, tanto na região Sul como no Cerrado. O SPD está fundamentado no cultivo sem o revolvimento do solo, manutenção de palha na superfície ou vegetação para protegê-lo e rotação de culturas. Esse sistema de manejo do solo apresenta menor custo de produção, facilidade de condução, aliadas a proteção de solo e da água, exigindo um manejo diferente, especialmente da fertilidade.

Para o aumento de eficiência do sistema plantio direto preconiza-se o uso de plantas de cobertura de solo, que são espécies utilizadas para produção de fitomassa em que os resíduos são mantidos na superfície do solo formando uma cobertura morta. As principais plantas utilizadas são as leguminosas e as gramíneas, que de acordo com a espécie podem ser implantadas no inverno ou no verão. A finalidade das plantas de cobertura do solo é de protegê-lo contra o impacto das gotas da chuva, fomentar a ciclagem de nutrientes e conseqüente melhoria da fertilidade do solo.

A fertilidade do solo refere-se na capacidade do solo em disponibilizar os nutrientes para as plantas, que pode ser avaliada pela análise química do solo. No geral os solos brasileiros são naturalmente ácidos e pobres em nutrientes e, por isso, precisam de um bom manejo de fertilidade, que quando realizado corretamente e associado às práticas culturais torna-se responsável pela maior parte dos ganhos de produtividade das culturas.

Nos últimos anos a agricultura brasileira vem buscando uma agricultura sustentável, respeitando o ambiente, socialmente justa e que seja economicamente viável, garantindo para as gerações futuras a capacidade de suprir a produção de alimentos e qualidade de vida no planeta. Neste sentido, e seguindo os princípios e características da agricultura sustentável, com os conhecimentos em agronomia, na área de manejo de solos, podemos utilizar o sistema plantio direto com uso de plantas de coberturas de solo para melhorar os parâmetros de fertilidade do solo, aumentando o teor de nutrientes no solo e a sua capacidade de cedê-los para as plantas. O trabalho tem por objetivo avaliar os atributos de fertilidade do solo em sistema plantio direto com o uso de plantas de cobertura.

2.0 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 PLANTIO DIRETO

Dentre os sistemas conservacionistas de solo, principalmente para a produção agrícola, o sistema plantio direto (SPD) é uma ótima ferramenta ou estratégia de manejo de solo para ser adotada quando se fala em garantir a sustentabilidade do solo (EFFGEN, 2008). É uma tecnologia indicada no Brasil e nos países tropicais. O SPD pode ser definido como um sistema de manejo conservacionista que está fundamentado em três princípios básicos: I- não revolvimento do solo, II- realização de rotação de culturas e III- adição de palhada permanecendo como cobertura (morta ou viva) na sua superfície (SILVA et al., 2009; ABEAS/LANDERS, 2005; FEBRAPDP, 2009).

Historicamente o plantio direto surgiu na Inglaterra para o controle da erosão e teve boa aceitação nos Estados Unidos como uma estratégia de manejo do solo, em função das tempestades de poeira que aconteceram devido ao manejo equivocado. Este consistia em arar e gradear o solo, sendo que a justificativa de revolver o solo nas condições de clima temperado estava ligada a melhoria das condições para que ocorresse a germinação de sementes. Isto se deve ao fato do interior do solo apresentava temperatura muito baixa devido à ocorrência de neve e também para controlar plantas daninhas, devido à escassez de herbicidas (SILVA et al., 2009).

No Brasil o sistema plantio direto surgiu na década de 70, na região sul do país, com o objetivo de manejar o solo de uma forma conservacionista para controlar a erosão que era um grave problema da época proveniente do sistema de cultivo convencional, ajudando a evitar perdas de produtividade. Essa estratégia de manejo equivocado do solo no Brasil foi oriunda dos imigrantes Europeus, que ao colonizarem as áreas brasileiras, implantaram o seu modo de cultivo baseado em arações e gradagens, além de queimar a palhada que recobria o solo para facilitar o serviço das máquinas. Isso acarretava em grandes quantidades de solo perdido pela erosão e a situação se agravou ainda mais conforme ocorria a expansão da fronteira agrícola, pois o sistema adotado era o convencional (CASÃO JUNIOR et al., 2012).

Existem relatos que no Brasil a primeira área experimental do sistema plantio direto aconteceu no estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Não-me-Toque, utilizando uma plantadeira americana da marca Buffalo no plantio de 1 hectare de sorgo e o primeiro plantio, realizado nesse sistema por um agricultor (Herbert Bartz), aconteceu em 1972 em Rolândia PR (ABEAS/LANDERS, 2005). Os principais problemas com a implantação do SPD estavam associados com a falta de herbicidas, semeadoras eficientes e a falta de informações referente a essa pratica conservacionista (SILVA et al., 2009).

Por volta de 1980 ocorreu a aceitação do SPD de forma generalizada pela busca de redução de custos pelos produtores em função da crise energética e econômica, baixa no preço de herbicida (principalmente o glifosato), aumento da disponibilidade de herbicidas pré e pós-emergentes no mercado para controle de invasoras, pacotes tecnológicos para as culturas no SPD, oferta de maquinas agrícolas pela indústria, oficinas eficientes e oferta de produtos de qualidade. Na década de 90 em diante ocorreu a grande expansão de área agrícola no SPD devido aos investimentos feitos por empresas na área de mecanização agrícola, disponibilizando semeadoras eficientes para o sistema, apoio de entidades de pesquisa para melhoria desses implementos, juros menores em financiamento para investimentos, exposições e demonstrações de maquinas para o SPD, apoio do governo para pequenos agricultores e o interesse dos produtores rurais (CASÃO JUNIOR et al., 2012).

O SPD foi uma tecnologia revolucionaria para a agricultura brasileira, bem difundida e aceita pelos produtores, pois pode ser implantada em qualquer propriedade independente de tamanho ou nível tecnológico empregado. Levantamentos indicam que a área em sistema plantio direto no estado do Paraná é de aproximadamente 5,8 milhões de hectares e que no Brasil esta área seja de 32 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2014). Em nível mundial a área plantada nesse sistema ultrapassa os 100 milhões de hectares (FEBRAPDP, 2009).

Seguindo os princípios básicos do SPD, devemos ter em mente a importância de cada um deles, especialmente em manter palhada na superfície do solo, pois ela é a essência do sistema com a função de diminuir o efeito das gotas de chuva diretamente no solo, impedindo que a água escoe em sua superfície, evitando a erosão e contribuindo no aumento da taxa de infiltração e armazenamento de água, diminuição da taxa de evaporação, protegendo o solo do vento e dos raios solares oportunizando o desenvolvimento de organismos do solo devido à redução de amplitude térmica. Contribui

no controle de plantas daninhas, melhora a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo, aumenta o teor de carbono do solo resultando no aumento de matéria orgânica e melhora a CTC. A consequência desses fatores de melhoria na qualidade do solo resulta no melhor desenvolvimento de plantas aumentando a produtividade. A quantidade de palha ou de resíduos que deve permanecer na superfície, considerada adequada, situa-se na faixa de 6 t ha⁻¹ (HECKLER; SALTON, 2002).

As vantagens do SPD, observadas por produtores, em relação ao preparo convencional (PC) é que ocorre um aumento no período de plantio, pois o solo apresenta boa capacidade de dreno conservando a umidade por mais tempo e no caso de alguns dias de estiagem a operação pode continuar sendo realizada. Além disso, o solo não necessita de preparo e também não se tem problemas com encrostamento (ABEAS/LANDERS, 2005). A adoção do SPD também beneficiou o meio ambiente, preservando a água, contribui no sequestro de carbono (da atmosfera para o solo), o produtor realiza menos operações resultando em menos custos de produção, a erosão é desfavorecida e melhora as condições químicas, físicas e biológicas do solo (SILVA et al., 2009).

Com a grande evolução do SPD, ao longo do tempo começaram a surgir dúvidas e questionamentos em relação à fertilidade do solo, pois neste sistema a correção de fertilidade do solo e a aplicação de fertilizantes e corretivos é feita em superfície (lanço) ou na subsuperfície (linha), sem incorporação, além disso, os processos de transformação e acúmulo da matéria orgânica e ciclagem de nutrientes possuem um comportamento distinto, devido à deposição de resíduos de culturas também em superfície, pois no sistema convencional os fertilizantes, corretivos e resíduos de culturas são incorporados ao solo, por meio de seu revolvimento, apresentando uma outra dinâmica ou comportamento de fertilidade do solo (SCHLINDWEIN; ANGHINONI, 2000).

2.2 PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO

O uso de plantas de cobertura do solo é de extrema importância, pois elas são espécies de plantas com alto potencial de produção de fitomassa para ser mantida na superfície do solo. Desta forma beneficiará o crescimento de outras espécies em sucessão, melhorará ou irá manter os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, contribuirá na

redução de erosão, dificultará a emergência de plantas invasoras e sequestrará carbono aumentando o teor de matéria orgânica do solo. Estes fatores estão sujeitos a variações de acordo com a qualidade e quantidade de palha depositada na superfície (LIMA, 2014).

Em um estudo realizado com o objetivo de estimar os teores de nutrientes reciclados por espécies de vegetais que servem como cobertura de solo, coletando amostras do material nos municípios de Campo Mourão, Guarapuava e Londrina, durante seis anos em sistemas de sucessão de trigo e soja, foi encontrada uma média de produção de matéria seca de 10.334; 6.165; 5.097; 10.094 e 5.328 Kg ha⁻¹ para a aveia preta, guandu, mucuna preta, tremoço e ervilhaca, respectivamente (BORKERT et al., 2003).

A importância de utilizar plantas de cobertura de solo no SPD se deve aos seus benefícios que melhoram o solo, sendo que cada planta apresenta características que influenciam distintamente, e isso irá refletir nos ganhos de fertilidade e nutrição de plantas, devido ao potencial de algumas plantas ciclarem ou disponibilizar nutrientes, beneficiando os próximos cultivos (LIMA, 2014). As características desejáveis de plantas de cobertura de solo são: alta capacidade de produção de matéria seca, crescimento rápido, fácil manejo, sistema radicular vigoroso e profundo, elevada relação C/N, que não traga nenhum problema para o estabelecimento da lavoura, além de adaptação climática da planta na região (MARCELO et al., 2012) a.

Escolher qual a melhor planta de cobertura a ser inserida no sistema é de extrema importância, devido às características e benefícios que cada uma pode proporcionar. Sendo que o nível de fertilidade do solo é um fator importante porque tem relação com a disponibilização de nutrientes e em consequência com a quantidade de produção de massa verde da planta. As características da propriedade (solo, relevo, etc.) também devem ser levadas em conta, sempre visando melhorar o sistema como um todo. Dentre as espécies a serem escolhidas temos as da família das gramíneas, as da família das leguminosas e ainda espécies de outras famílias (BARRADAS, 2010).

Como vantagens da adubação verde temos a dificuldade de germinação de sementes de plantas daninhas, favorecendo os microrganismos benéficos para as culturas, a manutenção da umidade do solo e o aumento da infiltração de água no solo. O sistema radicular de algumas espécies pode apresentar eficiência em descompactar o solo, aumentar o teor de matéria orgânica do solo, melhorar a estrutura do solo, impedir o impacto direto da gota da chuva no solo e disponibilizar nutrientes por meio do processo de ciclagem. O consórcio entre plantas de cobertura é interessante porque ocorre uma

sincronia em velocidade de decomposição de resíduos e liberação de nutrientes (SARTORI, 2011).

As leguminosas realizam simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* fixando nitrogênio atmosférico, reduzindo a necessidade de aplicação de adubos nitrogenados. Por isso são muito utilizadas, tendo em vista que o N é um nutriente muito limitante para o crescimento de plantas. Porém algumas são susceptíveis a nematoides, enquanto outras os controlam. Em um estudo realizado na Zona da Mata Mineira em um Cambissolo observou-se que a crotalária (*Crotalaria juncea*) incorporou ao solo através da FBN (fixação biológica de nitrogênio) 173 kg/ha de N, quando cultivada solteira (PERIN et al., 2004).

As gramíneas se destacam pela alta capacidade de acumular massa verde e possuem um sistema radicular com alto potencial de desenvolvimento superficial favorecendo a atividade de microrganismos do solo. Existem plantas de outras famílias que podem ser utilizadas, como por exemplo, a colza, o nabo forrageiro (brássicas), o girassol (compositae) e a espérgula (cariofilácea) (BARRADAS, 2010).

A relação Carbono: Nitrogênio (C/N) das plantas de cobertura é um fator importante, pois, as plantas da família das leguminosas produzem palhada de baixa relação C/N, isso significa que é facilmente decomposta pelos microrganismos do solo e os nutrientes são disponibilizados rapidamente para as culturas sucessoras. Por outro lado, às gramíneas possuem alta relação C/N, significando que a decomposição da palhada é mais lenta e em consequência, ocorre à imobilização do N pela ação dos microrganismos, entretanto a superfície terá mais proteção devido a maior presença de palhada. A decomposição da palhada e a liberação de nutrientes podem ser influenciadas pelas condições de clima, pois, a ação dos microrganismos é favorecida por umidade e temperatura alta. Também é importante realizar rotação de culturas e consórcios de plantas de cobertura para buscar uma relação C/N intermediária da mistura da palhada, resultando em benefícios intermediários de leguminosas e gramíneas (MARCELO et al., 2012) b.

As plantas de cobertura geram efeitos na fertilidade do solo tendo relação com aumento de MO e ciclagem de nutrientes, porque mobilizam os nutrientes das camadas mais profundas, disponibilizando-os em camadas mais superficiais para as culturas. O N é um dos nutrientes limitantes no crescimento e produtividade de culturas e por isso anualmente é realizada adubação nitrogenada em grandes quantidades nas lavouras

principalmente de gramíneas, sendo que uma das fontes mais importantes de N para as plantas provêm da mineralização da matéria orgânica do solo (ALVES et al., 1999).

A matéria orgânica é uma ótima indicadora de qualidade do solo e a sua permanência, aumento ou até mesmo a sua retirada do solo está atrelada com a entrada de materiais orgânicos em que a principal fonte provém da vegetação que influenciam na quantidade e qualidade desses resíduos. Portanto em sistemas agrícolas é de fundamental importância manejar a área de forma adequada para manter e aumentar o teor de MOS, podendo ser utilizado o plantio direto e plantas de cobertura como formas sustentáveis de manejo para esse fim, exercendo influencia na capacidade produtiva do solo, evitando perdas de MO pelo processo de erosão hídrica (COSTA et al., 2013).

As plantas de cobertura são ótimas recicladoras de nutrientes retirando-os de camadas mais profundas disponibilizando-os nas camadas mais superficiais para as culturas após a decomposição de seus resíduos. Algumas podem absorver algum nutriente não assimilável pelas culturas e torná-los disponíveis após a decomposição de seus resíduos. Em um estudo realizado em um Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso e clima do tipo Aw, foi encontrado o acúmulo de nutrientes (N, P, K, Ca, Mg) da parte aérea de plantas de cobertura, após os 120 dias de plantio, sendo respectivamente para o Guandu (168, 20, 66, 73, 20 kg ha⁻¹); Crotalária (201, 24, 87, 136, 50 kg ha⁻¹); Feijão de porco (186, 18, 50, 131, 22 kg ha⁻¹); e Mucuna (117, 8, 29, 41, 10 kg ha⁻¹). Esse mesmo autor conclui que com a utilização da mucuna, guandu e feijão de porco obteve-se o maior acúmulo de N da parte aérea e que com a utilização da mucuna e do feijão de porco ocorreu o maior acúmulo de fósforo (RODRIGUES et al, 2012).

Borkert et al. (2003) encontrou uma concentração de nutrientes na matéria seca de espécies de plantas de cobertura (aveia, guandu, mucuna preta, tremoço e ervilhaca) que variaram (em kg ha⁻¹) de 141 a 341 para N, 13 a 18 para P, 85 a 240 para K, 55 a 122 para Ca e 13 a 24 para Mg, demonstrando a variabilidade da ciclagem/acúmulo desses nutrientes em função da espécie de cobertura adotada.

O nabo forrageiro é uma ótima opção para ser inserida em sistemas de rotação de cultura devido sua grande capacidade de ciclar nutrientes (OHLAND et al., 2005). O nabo forrageiro ainda apresenta alta capacidade de produção de matéria seca, ciclo curto e desenvolvimento inicial rápido. Em um estudo realizado no município de Marechal Cândido Rondon em um Latossolo Vermelho e clima Cfa, o nabo forrageiro acumulou em sua parte aérea 57,2; 15,3; 85,7; 37,4; 12,5 e 14,0 kg ha⁻¹ de N, P, K, Ca, Mg, e S,

respectivamente (CRUSCIOL et al., 2005). Demonstra-se que nesse estudo o K foi o nutriente ciclado em maior quantidade pelo nabo forrageiro, o que o torna uma excelente alternativa quando se deseja potencializar a disponibilidade desse nutriente pois ele é um elemento essencial para o crescimento das plantas, sendo o cátion mais abundante e está associado com funções no estado energético, translocação e armazenamento de assimilados e na manutenção de água no tecido. Não faz parte de estruturas ou moléculas orgânicas na planta sendo encontrado predominantemente como cátion livre ou adsorvido, podendo se deslocar facilmente nas células e tecidos.

A absorção dos nutrientes está relacionada com a necessidade da planta e a capacidade do solo em fornecê-los, sendo que no caso do K as plantas têm capacidade de absorvê-lo em quantidades maiores que a sua real necessidade, caracterizando o consumo de luxo de K (MEURER, 2006). O consumo de luxo é o resultado do aumento em concentração de algum elemento nos tecidos das plantas e não resulta em resposta no aumento de crescimento ou produção da cultura em função dessa concentração maior que a demanda da planta, ou seja, a planta tem a capacidade de absorver mais do que a sua necessidade. A aveia preta e a ervilhaca também são espécies que acumulam grande quantidade de potássio (BORKERT et al., 2003).

O produtor deve se ater à algumas recomendações ao pretender introduzir adubos verdes no manejo de sua lavoura para que os benefícios sejam observados. Dentre as recomendações, preferencialmente as áreas de pousio devem ser ocupadas pelas espécies de cobertura, evitando a competição entre planta de cobertura e a cultura comercial, lembrando que a espécie de cobertura deve ser de família diferente da cultura econômica, pois contribuirá na rotação de cultura, evitando que ocorram problemas com pragas e doenças; deve optar por uma espécie que se adapte as condições de fertilidade do solo de sua lavoura, para que a espécie de cobertura expresse seu máximo potencial de produção de massa verde, como por exemplo, a mucuna anã, mucuna preta, feijão de porco, crotalária juncea, guandu, tremoço branco e ervilhaca comum, são algumas das espécies que apresentam alta capacidade em adaptação a solos de baixa fertilidade, por outro lado o lablab, girassol, chícharo, azevém anual e a aveia preta, apresentam potencial médio de adaptação em solos de baixa fertilidade; e devem ser manejadas antes que produzam sementes viáveis, podendo se tornar infestantes na lavoura obrigando o produtor a realizar gastos para controlá-las (BARRADAS, 2010).

2.3 FERTILIDADE DO SOLO

Há milhares de anos já se estudava a fertilidade do solo sendo que as plantas precisam de dezesseis elementos para completarem o seu ciclo e deixarem descendentes, onde que o C, H e O são retirados do ar e água os demais (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Fe, Zn, Mn, Cu, MO e Cl) são retirados do solo e além desses elementos as plantas ainda necessitam de água, temperatura e luz. Quando se fala em estudar a fertilidade do solo devemos levar em consideração apenas os nutrientes que estão no solo, que podem ser divididos da seguinte forma: macronutrientes primários (N, P e K); macronutrientes secundários (Ca, Mg e S) e os micronutrientes (B, Fe, Zn, Mn, Cu, MO e Cl). Esses nutrientes são retirados do solo pelas plantas e no solo eles estão na MO, argila e coloides, rochas e minerais, e na solução do solo, destacando o principal reservatório de nutrientes do solo para as plantas que é a argila e as partículas de húmus (GUERRA, 2015). Portanto a fertilidade do solo se refere à capacidade do solo ceder nutrientes as plantas para que estas se desenvolvam adequadamente.

Grande parte dos solos brasileiros são considerados pobres em nutrientes e ácidos, necessitando de um manejo de fertilidade adequado para se tornarem aptos ao desenvolvimento de plantas. Em regiões tropicais, como no caso do Brasil, quando se fala em causas de limitação de produtividade agrícola, a acidez é apontada como sendo uma das principais causas (QUAGGIO et al., 1993). Segundo Guerra et al. (2015) em regiões tropicais e subtropicais a alta capacidade de fixação de P é um fator importante que causa a baixa fertilidade do solo.

Uma das funções da MO no solo é servir de reservatório de nutrientes, a atividade agrícola em áreas tropicais (e em outras) pode destruir a MO, portanto, os agricultores devem preservar o teor de MO por meio de sistemas de manejo sustentáveis do solo. No entanto, em regiões tropicais, principalmente nas tropicais úmidas, é difícil aumentar o teor de MO devido à ação dos microrganismos que decompõem a palhada de modo rápido resultando em pouca cobertura morta dificultando até mesmo a manutenção do teor de MO no solo. Neste sentido, o plantio direto tem um papel importante e vem sendo largamente utilizado nas Américas e em regiões tropicais úmidas e sub úmidas, sendo que, quando associado a rotação de culturas e ao uso de plantas de cobertura, aumenta o teor de MO, melhorando a fertilidade do solo (MACHADO, 2001).

Segundo Raij, (2010) o Brasil é considerado líder mundial no conhecimento de fertilidade do solo em regiões tropicais. Para manter a fertilidade do solo e produzir de forma rentável devemos avaliar a fertilidade do solo corretamente, identificando os fatores limitantes manejando-os de acordo com cada caso, aplicando quantidades de fertilizantes e corretivos de forma coerente com a necessidade do solo realizando práticas que melhoram a fertilidade do solo, para explorar o máximo que a cultura pode nos oferecer em termos de produção. Segundo Andreotti et al. (2008) a adubação verde é uma das técnicas apropriadas para melhorar a fertilidade do solo.

Neste sentido Correia e Durigan (2008) comentam em seu trabalho que o uso de plantas de cobertura de solo é uma ótima técnica para favorecer a diversidade e estabilidade do sistema plantio direto, de modo que a água, nutrientes, luz e outros recursos, sejam utilizados de maneira mais eficaz e dessa forma possibilita o aumento da fertilidade do solo por meio da ciclagem de nutrientes, aumento da MO, melhoria nas propriedades físicas e biológicas do solo. Esse mesmo autor ainda afirma que, em seu trabalho, as espécies utilizadas como cobertura alteraram as propriedades químicas do solo.

Arantes et al. (2012) realizaram um trabalho no município de Cáceres MT, sob condições de clima AW com verão chuvoso e inverno seco em um Argissolo Vermelho Amarelo Eutrófico, com o objetivo de avaliar as alterações nos atributos químicos do solo em SPD com plantas de cobertura diversas, sendo as diferentes coberturas vegetais representadas por Mucuna preta, Guandu anão, Feijão de porco, Crotalaria juncea, Coquetel, Milheto, Sorgo granífero, vegetação espontânea e solo exposto, concluíram que ocorreu aumento, na camada superficial do solo de pH, MO, P, Ca, Mg, K, V, (H+Al) e CTC, devido ao aporte de resíduos vegetais no sistema.

De modo geral Guerra (2015) comenta que o solo produtivo é considerado um solo fértil, sendo que, deve conter nutrientes essenciais em quantias balanceadas para que as plantas cresçam e se desenvolvam, deve apresentar características físicas e biológicas adequadas, não conter elementos tóxicos e estar em condições climáticas favoráveis. A fertilidade pode vir de condições naturais ou e pela adição de nutrientes durante o cultivo e ser alterada por algum manejo desapropriado. Esse mesmo autor ressalta que são várias as causas que podem propiciar a diminuição de nutrientes no solo (erosão e a própria extração por plantas) e os sinais aparecerão na lavoura, podendo ser observados pelos aspectos das plantas (coloração, baixa produtividade, menor qualidade de grãos), sendo que é de

fundamental importância que o produtor identifique por meio de uma análise do solo quais nutrientes estão causando o problema e dessa forma, possa corrigir a fertilidade do solo.

2.4 MILHO

O milho é originário do México e da Guatemala, pertence à família das gramíneas e está espalhado em uma grande área do planeta abrangendo altitudes do nível do mar até 3 mil metros, sendo que foi originado pelo Teosinto, através de uma seleção natural realizada pelo homem que ao passar dos anos o domesticou, promovendo melhorias e o adaptando para suas necessidades originando uma infinidade de variedades que estão disponíveis no mercado nos dias de hoje (CIB, 2006). Além disso várias melhorias estão em fase de estudo com a tendência de continuarem ano após ano.

Mundialmente o milho é o cereal mais produzido, totalizando 991,58 milhões de toneladas na safra 2014/2015 (SEAB/DERAL, 2014). Seu uso é muito diversificado, pois além de ser utilizado para alimentação humana e alimentação animal ainda é utilizado no campo farmacêutico, na produção de cosméticos, explosivos, pneus, plásticos dentre vários outros setores (CIB, 2006).

Mundialmente o Brasil é o terceiro maior produtor de milho, responsável por 8% da produção mundial. A produção estimada do Brasil de milho (1ª e 2ª safra), para o ano de 2015 é de aproximadamente 78.689.200 toneladas numa área de 15.364.200 de hectares, tendo uma produção média de 5.122 Kg ha⁻¹. No Paraná a produção estimada de milho (1ª e 2ª safra), para o ano de 2015 é de 14.492.242 toneladas, numa área de 2.407.940 hectares, apresentando produtividade média de 6.019 Kg ha⁻¹. Em 1980 a produtividade média Brasil era de 1779 Kg ha⁻¹, aumentando para 5.122 Kg ha⁻¹ em 2015. No estado do Paraná, neste mesmo período o rendimento passou de 2535 Kg ha⁻¹ para 6.019 Kg ha⁻¹ (SEAB/DERAL, 2014).

Analisando o histórico das safras de milho, percebemos que o cenário de produtividade por hectare mudou de forma crescente, portanto, seguir esse caminho melhorando os sistemas de produção é uma prática fundamental para produzir de forma sustentável, cabendo aos profissionais da área manter o solo com capacidade adequada e

equilibrada de fornecimento de nutrientes, ou seja, manter o solo fértil, oferecendo condições de fertilidade do solo para que a planta expresse seu potencial genético.

Devido às limitações de fertilidade de solos de regiões tropicais, no Brasil existem lugares que apresentam solos com baixa fertilidade. Portanto, devem ser adotados sistemas de manejo de solo para corrigir e melhorar a fertilidade, tornando a atividade agropecuária satisfatória, ou seja, que atenda os parâmetros econômicos, sociais e ambientais. Neste sentido a fertilidade do solo, nutrição e adubação possuem extrema importância na construção de sistemas de produção eficientes, sendo que a disponibilidade de nutrientes deve estar coincidindo com a necessidade da cultura em quantidade, tempo e forma. Segue abaixo na tabela 1 a extração média de nutrientes pela cultura do milho com diferentes finalidades.

Tabela 1: Extração média de nutrientes pela cultura do milho destinada a produção de grãos e silagem em diferentes níveis de produtividade.

Tipo de exploração	Produtividade	Nutrientes extraídos				
		N	P	K	Ca	Mg
	T/há	----- Kg/há -----				
Grãos	3,65	77	9	83	10	10
	5,80	100	19	95	17	17
	7,87	167	33	113	27	25
	9,17	187	34	143	30	28
	10,15	217	42	157	32	33
Silagem (matéria seca)	11,60	115	15	69	35	26
	15,31	181	21	213	41	28
	17,13	230	23	271	52	31
	18,65	231	26	259	58	32

*Obs.: Para converter P em P₂O₅; K em K₂O; Ca em CaO e Mg em MgO, multiplicar por 2,29; 1,20; 1,39 e 1,66; respectivamente.

Fonte: ADAPTADO DE COELHO; FRANÇA (1995).

Em relação à exportação de nutrientes pela cultura do milho, devemos ficar atentos à finalidade que pretendemos destinar a produção, por que, segundo Coelho e Rezende (2008) os nutrientes na cultura do milho apresentam comportamento de translocação diferente de acordo com os tecidos (colmos, folhas e grãos), sendo que os grãos são grandes responsáveis pela extração. Esses autores deixam claro que ocorre a devolução de grande parte dos nutrientes pelos restos culturais, porém quando destinado à silagem a extração de nutrientes é maior, principalmente de K e Ca.

Segundo Coelho e Rezende (2008) os solos possuem diferenças na capacidade de fornecer nutrientes para as plantas e Coelho e França (1995) argumentam que as exigências nutricionais das plantas são definidas através da quantidade de nutrientes que são extraídos durante o ciclo, portanto no milho é necessário realizar o fornecimento de nutrientes em quantidades de acordo com a sua extração. A necessidade aumenta de acordo com a produtividade almejada, sendo que esse autor ainda comenta que a ordem de maior absorção de nutrientes pela cultura do milho é N, K, P, Ca e Mg, respectivamente. Sendo assim é de extrema importância que os agricultores mantenham e melhorem a qualidade dos solos de suas lavouras e nesse sentido o sistema plantio direto bem conduzido com o uso de plantas de cobertura e a correção de solo, são alternativas indispensáveis.

Ohland et al. (2005) afirmam que o milho é uma cultura muito exigente e responsiva ao N e que o cultivo de leguminosas antes da implantação da cultura aumenta a disponibilidade de N no solo, absorção de N pela planta e o rendimento de grãos, sendo que o manejo da leguminosa terá efeito na produtividade da cultura, fato que pode estar atrelado com o argumento de Aita et al. (2001) que afirma que as leguminosas além de propiciarem cobertura de solo, fixam N₂ atmosférico por meio da simbiose com *Rhizobium*. Em um estudo realizado no município de Selvíria MS, num Latossolo Vermelho distrófico típico argiloso sob clima do tipo Aw, com precipitação de 1.370 mm, concentrada de outubro a março, objetivando-se avaliar as características agronômicas e a produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no SPD e preparo convencional, foi encontrada uma produção de grãos 18% maior em relação ao pousio quando a cultura antecessora era a crotalária, que possui grande capacidade de fornecer N para o milho em sucessão, sendo que no pousio predominavam espécies de gramíneas (CARVALHO et al., 2004).

Em seu estudo Aita et al. (2001) com o objetivo de avaliar o desempenho de plantas de cobertura de solos de inverno e a sua capacidade de fornecimento de N para o milho em sistema plantio direto concluiu que não ocorreu resposta em função da adubação nitrogenada no milho quando ele é cultivado em sucessão a ervilhaca comum e tremoço azul, assim como, o maior acúmulo de N da parte aérea das espécies de cobertura ocorreu nas leguminosas quando comparadas com a aveia e a vegetação espontânea e que aproximadamente 60% desse N acumulado na parte aérea das leguminosas foram liberados durante os primeiros 30 dias após o manejo das espécies.

No estudo de Ohland et al. (2005) realizado em Dourados MS em um Latossolo Vermelho distroférico, com o objetivo de avaliar o efeito da ervilhaca peluda e do nabo

forageiro como antecessoras e de doses de N em cobertura no milho, em termos de produtividade no SPD, o autor, concluiu que essas culturas possuem diferentes efeitos nos atributos da cultura, sendo que a ervilhaca peluda foi mais eficiente que o nabo forrageiro nas características de matéria seca da parte aérea, diâmetro das espigas, peso de mil grãos e teor de N nos grãos de milho e também percebeu que a adição de N elevou a produtividade da cultura independente da espécie de cobertura.

Devido à extensão territorial do Brasil, assim como outras culturas, o milho é cultivado em diferentes condições, existindo lavouras de subsistência com pouco investimento e lavouras de altíssimo nível tecnológico com grandes investimentos, por isso é fundamental manejá-las de acordo com cada realidade ou situação, porém, técnicas como o sistema plantio direto, uso de plantas de cobertura, rotação de culturas e correção de solo são fundamentais para manutenção e melhorias na fertilidade do solo das propriedades agrícolas.

3.0 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA EXPERIMENTAL

O trabalho foi conduzido na Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Campus Dois Vizinhos, na área experimental, situada a 25° 42' 52" de latitude S e longitude de 53° 03' 94" GR com altitude de 520 metros. O solo do local de estudo é classificado como Latossolo Vermelho (CABREIRA, 2015). O clima local é classificado como Cfa (subtropical úmido) sem estação seca definida (ALVARES et al., 2013). A precipitação anual situa-se entre 2000 a 2500 mm (IAPAR, 2007 apud POSSENTI et al., 2007).

Historicamente a área foi utilizada para a produção de grãos, sem definição de manejo e em 2010 foi instalado o experimento que vem sendo conduzido até o presente momento. Para a realização deste trabalho foram avaliados os atributos de fertilidade do solo do ano de 2013. O experimento foi conduzido no sistema plantio direto, com uso de plantas de cobertura de inverno e verão antecedendo o cultivo de milho, para a produção de grãos, com divisão das parcelas (obtendo-se sub parcelas) para aplicação de nitrogênio na dose de 180 kg há⁻¹ e sem aplicação de nitrogênio. No caso de aplicação de N, esta normalmente realizava-se em uma única aplicação em V4.

As plantas de cobertura de inverno eram semeadas normalmente entre final de abril e início de maio de forma mecanizada com espaçamento entre linhas de 17 cm. As plantas de cobertura de verão eram semeadas normalmente na primeira quinzena de fevereiro de forma mecanizada com espaçamento entre linhas de 45 cm. Não era feito uso de adubação nas plantas de cobertura de inverno e verão. A implantação da cultura do milho normalmente era realizada na primeira quinzena de setembro, com espaçamento de 90 cm entre linhas e densidade de semeadura estimada de 75.000 plantas ha⁻¹, com adubação de base utilizando o adubo comercial de formulação 00-20-20, na dose de 250 Kg ha⁻¹. Utiliza-se uma variedade comercial e realizam-se os tratos culturais de acordo com a necessidade da cultura.

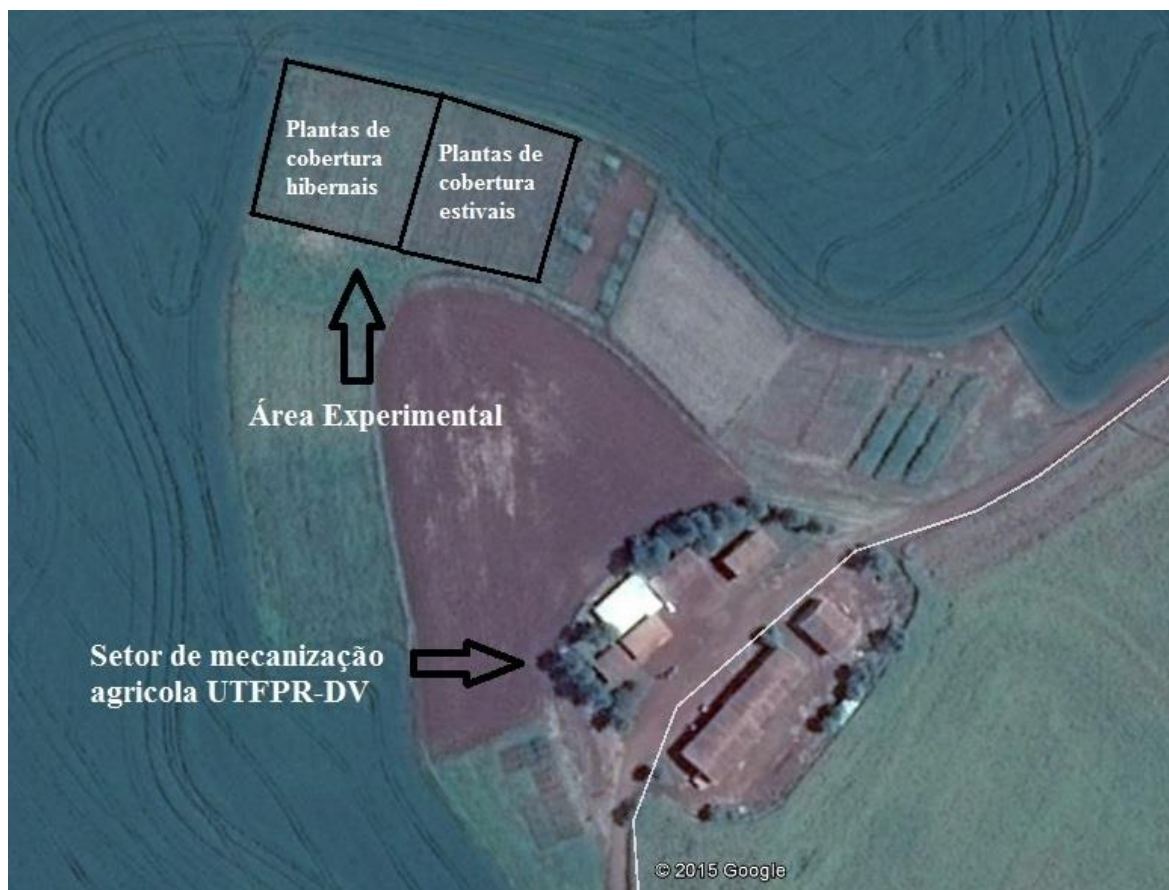


Figura 1: Imagem da área experimental.
Fonte: Google.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental é o de blocos ao acaso com três repetições com parcelas de 5m x 10m, totalizando 50m², subdivididas em sub parcelas de 5m x 5m, totalizando 25m², para realizar a aplicação de nitrogênio em cobertura. O experimento principal é constituído pela área de inverno e pela área de verão. Na área de inverno existem oito sistemas de plantas de coberturas em plantio direto antecedendo a cultura do milho. Os tratamentos e densidades de semeadura são encontrados na tabela 2.

Tabela 2: Densidade de sementes (DS) utilizadas para semeadura de parcelas de plantas de cobertura de inverno:

Tratamentos	Nome Científico	Nome Comum	Densidade de semeadura
1		Aveia + Ervilhaca	60 + 40 Kg ha ⁻¹
2		Aveia + Ervilhaca + Nabo	60 + 30 + 10 Kg ha ⁻¹
3	<i>Avena strigosa Schre</i>	Aveia Preta	90 Kg ha ⁻¹
4	<i>Lolium multiflorum</i>	Azevém	50 Kg ha ⁻¹
5	<i>Secale cereale</i>	Centeio	50 Kg ha ⁻¹
6	<i>Vicia sativa</i>	Ervilhaca Comum	40 Kg ha ⁻¹
7	<i>Raphanus sativus</i>	Nabo Forrageiro	15 Kg ha ⁻¹
8	<i>Lupinus albus</i>	Tremoço Branco	100 Kg ha ⁻¹

Na área de verão existem sete sistemas de plantas de coberturas em plantio direto, mais pousio (área sem ser manejada/utilizada com culturas de cobertura) antecedendo a cultura do milho. Os tratamentos e densidades de semeadura são encontrados na tabela 3.

Tabela 3: Densidade de sementes (DS) utilizadas para semeadura de parcelas de plantas de cobertura de verão:

Tratamentos	Nome Científico	Nome Comum	Densidade de semeadura
1	<i>Crotalaria juncea</i>	Crotalaria Juncea	25 Kg ha ⁻¹
2	<i>Crotalaria spectabilis</i>	Crotalaria Spectabilis	12 Kg ha ⁻¹
3	<i>Canavalia ensiformes</i>	Feijão de Porco	100 Kg ha ⁻¹
4	<i>Cajanus cajan</i>	Guandu Anão	50 Kg ha ⁻¹
5	<i>Dolichos lablab</i>	Lab Lab	50 Kg ha ⁻¹
6	<i>Mucuna deeringiana</i>	Mucuna Anã	80 Kg ha ⁻¹
7	<i>Mucuna aterrima</i>	Mucuna Preta	60 Kg ha ⁻¹
		Pousio*	

Pousio*= área de descanso ou repouso em que as terras cultiváveis são submetidas, nascendo apenas espécies de plantas espontâneas.

Em agosto de 2013 foi realizada uma coleta de solos em todas as parcelas, nas camadas de 0-5; 5-10 e 10-20 cm, utilizando pá de corte. As amostras foram preparadas, passando pelo processo de secagem e posteriormente moídas em moinho de martelo e armazenadas para análise no laboratório de solos da UTFPR, Campus Dois Vizinhos.

As medidas dos valores de pH do solo foram determinadas em H₂O e SMP. O fósforo (P) e o potássio (K) disponíveis foram extraídos pela solução de Mehlich I, sendo o P determinado por Murphy e Riley (1962) e o K por Tedesco (1995). O cálcio (Ca) trocável e magnésio (Mg) trocável foram extraídos por KCl e quantificados de acordo com

Tedesco (1995). O nitrogênio (N) total foi determinado pelo método Kjeldahl, segundo a metodologia proposta pela EMBRAPA (1999). Posteriormente foi calculada a soma de bases (SB), a capacidade de troca de cátions (CTC) em pH 7,0 a saturação por bases (V%) e a acidez potencial (H+Al). O teor de matéria orgânica do solo (MOS) foi estimada baseando-se no carbono orgânico pelo método de Walkley-Black, modificado por Yeomans e Bremner (1988).

3.3 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Realizou-se a análise de variância e posteriormente os parâmetros do solo que apresentarem efeitos significativos em nível de 5 % de significância, foi aplicado o teste de t Student para comparar as médias. Esta etapa foi realizada por meio do programa computacional Assistat 7.6 Beta (SILVA; AZEVEDO, 2006).

4.0 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS AVALIADOS DE SOLO COM O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO

Ocorreu diferença nos atributos avaliados quando comparado as médias dos tratamentos nas parcelas subdivididas, com e sem a presença de N mineral na dose de 180 kg/ha⁻¹. Esses dados são encontrados na Tabela 4.

Tabela 4: Médias das doses 180 Kg/ha de N (com) e zero (sem) com uso de plantas de cobertura de inverno nos atributos de fertilidade em três camadas. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2016.

Camada (Cm)	Tratamento	N		P		K		Ca		Mg		pH			
		g/kg -1		mg/dm -3		mg/dm -3		Cmoc/dm -3		Cmoc/dm -3		Água		SMP	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0-5	A+E	2,25	2,04	17,2	8,2	128,3	121,6	6,7	5,9	2,75	2,71	5,5	5,5	5,9	5,7
	A+E+N	2,46	2,23	9,5	7,6	73,0	103,0	6,2	7,1	2,71	2,85	5,1	5,7	5,9	5,8
	Aveia preta	2,08	2,14	9,5	8,5	88,0	115,3	5,2	5,9	2,67	2,71	5,5	5,5	5,6	5,7
	Azevém	2,03	1,99	8,9	8,4	69,0	102,3	6,0	6,7	2,75	2,83	5,6	5,9	5,8	5,7
	Centeio	2,25	2,11	18,3	11,0	150,6	219,3	5,5	6,4	2,67	2,74	5,3	5,7	5,6	5,8
	Ervilhaca C.	2,24	2,02	10,3	11,8	115,3	183,6	5,7	5,9	2,71	2,68	5,1	5,7	5,5	5,5
	Nabo F.	2,22	2,08	8,3	11,8	106,0	111,0	5,8	6,4	2,71	2,75	5,3	5,4	5,9	5,7
	Tremoço B.	2,30	2,08	10,5	10,4	122,0	105,0	4,9	5,4	2,60	2,65	5,1	5,3	5,5	5,6
	Média*	2,23 a	2,08 b	11,6 a	9,7 a	106,5 b	132,6 a	5,7 b	6,2 a	2,70 b	2,74 a	5,3 b	5,6 a	5,7 a	5,7 a
	CV** (%)	8,65		47,04		27,83		8,79		1,91		4,34		4,49	
05-10	A+E	1,60	1,70	6,8 bcA	11,7 aA	62,3	67,3	6,5	6,5	2,67	2,69	6,1	5,9	6,0	5,8
	A+E+N	1,71	1,55	11,9 abA	5,0 aB	46,6	59,3	5,9	6,3	2,55	2,73	5,3	5,8	5,8	5,8
	Aveia preta	1,67	1,66	4,0 cB	9,2 aA	39,0	54,6	5,4	5,8	2,60	2,68	5,6	5,7	5,8	5,8
	Azevém	1,48	1,57	10,7 abcA	9,5 aA	37,3	51,6	6,1	6,2	2,66	2,75	5,8	6,0	5,8	5,8
	Centeio	1,66	1,58	15,8 aA	5,7 aB	87,0	169,6	5,3	6,5	2,51	2,70	5,3	5,8	5,5	5,9
	Ervilhaca C.	1,71	1,64	5,6 bcA	6,6 aA	80,0	154,3	5,4	6,3	2,58	2,63	5,4	5,6	5,4	5,5
	Nabo F.	1,75	1,61	4,3 cA	5,8 aA	58,0	51,6	5,7	5,7	2,67	2,65	5,5	5,5	5,8	5,8
	Tremoço B.	1,75	1,61	8,9 abcA	4,5 aA	68,0	65,3	5,1	5,6	2,56	2,61	5,2	5,5	5,5	5,5
	Média	1,67 a	1,61 a	8,5 a	7,3 a	59,7 b	84,2 a	5,7 b	6,1 a	2,60 b	2,68 a	5,5 a	5,7 a	5,7 a	5,7 a
	CV (%)	11,04		49,93		47,54		11,78		3,58		6,43		5,61	
10-20	A+E	1,25	1,33	2,9	2,3	44,0	53,6	5,9	5,9	2,62	2,67	6,0	5,7	6,1	5,7
	A+E+N	1,34	1,28	3,1	2,7	36,0	36,3	5,3	5,7	2,52	2,68	5,5	6,0	5,8	5,9
	Aveia preta	1,29	1,29	4,0	3,2	27,6	33,3	5,1	5,3	2,57	2,62	5,8	5,8	5,8	5,8
	Azevém	1,31	1,28	3,6	3,2	31,0	36,6	5,4	5,7	2,60	2,71	5,7	6,1	5,8	5,8
	Centeio	1,29	1,31	4,7	3,2	48,0	124,0	4,8	5,9	2,45	2,64	5,4	5,8	5,6	5,8
	Ervilhaca C.	1,32	1,33	2,8	3,0	51,6	110,0	4,9	5,9	2,49	2,66	5,5	5,9	5,8	5,7
	Nabo F.	1,35	1,31	2,7	2,6	34,0	42,0	5,6	5,5	2,64	2,63	5,8	5,6	5,9	5,7
	Tremoço B.	1,34	1,36	2,8	2,7	38,3	42,0	4,9	5,2	2,50	2,56	5,5	5,6	5,7	5,7
	Média	1,31 a	1,31 a	3,3 a	2,9 a	38,8 b	59,7 a	5,2 b	5,6 a	2,55 b	2,65 a	5,7 a	5,8 a	5,8 a	5,8 a
	CV (%)	6,62		44,28		76,74		11,56		3,78		4,88		3,67	

Continua...

Continuação.

Camada (Cm)	Tratamento	SB		CTC a pH 7,0		V%		MO		Carbono		Al		H+Al	
		Cmol/dm ⁻³		Cmol/dm ⁻³		Cmol/dm ⁻³		%		Mg ha ⁻¹		Cmol/dm ⁻³		Cmol/dm ⁻³	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0-5	A+E	9,8	9,0	14,9	15,0	65,8	60,3	5,0	4,7	19,0	16,5	0,15	0,15	5,1	6,0
	A+E+N	9,1	10,2	14,5	15,6	63,1	65,2	5,4	5,2	18,4	20,2	0,21	0,09	5,3	5,4
	Aveia preta	8,1	8,9	14,5	15,0	55,8	59,0	4,5	4,7	14,7	17,6	0,18	0,09	6,4	6,1
	Azevém	8,9	9,8	14,5	15,8	61,5	61,9	4,6	4,8	14,7	16,4	0,18	0,09	5,6	6,0
	Centeio	8,5	9,7	15,0	15,4	57,1	63,1	4,9	5,1	18,1	17,7	0,15	0,09	6,4	5,7
	Ervilhaca C.	8,8	9,0	15,7	15,9	55,9	56,8	4,6	5,0	15,8	18,5	0,15	0,09	6,9	6,9
	Nabo F.	8,8	9,5	14,0	15,3	62,7	61,9	4,8	4,7	16,7	17,2	0,15	0,12	5,2	5,8
	Tremoço B.	7,8	8,3	14,7	14,9	53,3	56,4	4,9	5,0	16,7	17,8	0,28	0,18	6,9	6,5
	Média	8,7 b	9,3 a	14,7 b	15,4 a	59,4 a	60,6 a	4,8 a	4,9 a	16,8 a	17,7 a	0,18 a	0,12 b	6,0 a	6,1 a
CV (%)	6,68		6,56		9,36		7,58		12,25		49,45		19,77		
05-10	A+E	9,4	9,4	14,5	15,4	64,7	61,2	3,7	4,1	14,1	16,8	0,15	0,12	4,8	5,4
	A+E+N	8,6	9,2	13,9	14,6	61,2	62,8	3,7	3,8	13,2	14,2	0,21	0,09	5,7	5,5
	Aveia preta	8,1	8,7	14,6	14,8	55,9	58,5	3,6	3,9	12,4	15,4	0,18	0,09	5,7	5,6
	Azevém	8,9	9,1	14,5	15,2	61,5	60,1	3,7	3,7	12,4	13,9	0,15	0,09	5,7	5,6
	Centeio	8,1	9,6	14,5	15,4	55,6	62,9	3,9	3,9	14,4	14,7	0,25	0,09	6,9	5,2
	Ervilhaca C.	8,1	9,3	15,1	16,2	54,0	57,7	3,5	3,9	13,0	15,6	0,25	0,09	7,4	7,3
	Nabo F.	8,5	8,5	13,7	14,3	61,9	59,2	3,7	3,7	13,6	14,5	0,15	0,18	5,6	5,7
	Tremoço B.	7,8	8,4	14,7	14,9	53,5	56,6	4,0	3,9	14,3	14,7	0,25	0,15	6,8	7,0
	Média	8,4 b	9,0 a	14,4 b	15,1 a	58,5 a	59,9 a	3,7 a	3,9 a	13,4 b	15,0 a	0,20 a	0,12 b	6,1 a	5,9 a
CV (%)	9,01		6,45		10,25		9,99		15,71		60,34		25,91		
10-20	A+E	8,6	8,7	13,7	14,7	62,6	59,4	3,4	3,4	25,8	27,3	0,18	0,09	4,5	6,3
	A+E+N	7,9	8,4	13,2	13,9	59,5	60,9	3,0	3,2	21,8	24,4	0,21	0,09	5,7	5,5
	Aveia preta	7,7	8,0	14,1	14,1	54,6	56,5	2,8	3,2	20,1	23,2	0,15	0,09	5,4	5,5
	Azevém	8,0	8,5	13,7	14,5	59,0	58,5	3,4	3,0	25,1	23,6	0,12	0,09	5,6	5,3
	Centeio	7,4	8,9	13,8	14,6	53,4	61,2	3,2	3,2	24,6	25,6	0,25	0,09	6,5	5,4
	Ervilhaca C.	7,5	8,8	14,4	15,7	52,2	56,5	3,0	3,2	21,8	24,9	0,18	0,09	5,8	5,8
	Nabo F.	8,3	8,2	13,6	14,0	61,5	58,3	3,1	3,1	22,7	24,4	0,18	0,18	5,2	5,8
	Tremoço B.	7,5	7,9	14,4	14,5	52,3	55,3	3,0	3,2	23,9	25,1	0,25	0,12	6,0	5,8
	Média	7,9 b	8,4 a	13,9 b	14,5 a	56,9 a	58,3 a	3,1 a	3,2 a	23,2 a	24,8 a	0,19 a	0,11 b	5,6 a	5,7 a
CV (%)	8,85		7,16		10,51		11,51		15,77		76,41		15,89		

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula para cada variável não diferem estatisticamente pelo teste t Student (P>0,05). ** CV referente ao fator B (doses de adubação nitrogenada).

Em relação ao nitrogênio, na camada de 0-5 cm, a aplicação de N elevou o teor de N no solo. Este fato pode estar ligado com a adição de N mineral na parcela, porém a diferença é pequena sendo de aproximadamente 6,73 % maior. Nas camadas de 5-10 cm e 10-20 cm não houve diferença estatística na média geral das parcelas subdivididas com e sem N.

O uso de espécies de gramíneas é importante para evitar lixiviação do Nitrato devido sua absorção pelo maior volume de raízes dessas espécies (SAINJU et al., 1998 apud SILVA et al., 2006). O uso de leguminosas possui potencial de fixar N atmosférico por intermédio de *Rhizobium* (AITA et al., 2001). O nabo (brassicaceae) possui grande eficiência em ciclar nutrientes, especialmente N (OHLAND et al., 2005). Devido sua baixa relação C/N, seus resíduos se decompõe de forma acelerada e o N é disponibilizado rapidamente (SILVA et al., 2006).

Os consórcios entre espécies de plantas de cobertura de solo proporcionam uma sincronia entre a velocidade de decomposição de resíduos e a liberação de nutrientes (SARTORI, 2011). Além disso a importância em realizar consorcio de plantas de cobertura é a busca por uma relação C/N intermediária entre a mistura de palhada (MARCELO et al., 2012). A relação C/N é responsável pela mineralização e disponibilização de N para o solo, onde que uma relação C/N abaixo de 23 propicia a mineralização e acima de 24 a imobilização de N devido a ação dos organismos do solo (Sá, 1993 apud SILVA et al., 2006).

Esses motivos levam a crer que a causa da parcela com adição de N mineral ter apresentado um maior teor de N no solo, além da aplicação de N mineral, que o uso de plantas de cobertura de solo de inverno de diferentes famílias na média deste trabalho, obtiveram efeito em manter o N no sistema, além do mais, a diferença não foi de grande escala e possivelmente elas influenciaram na ação contra lixiviação e favorecendo sua ciclagem do N fornecido de forma mineral, contribuindo para o resultado do maior teor de N nesta parcela.

Para o P não houve diferença estatística entre as médias das parcelas subdivididas com e sem N nas 3 camadas, porém, ocorreu diferença no teor de P na camada de 5-10 cm em função das plantas de cobertura utilizadas, ou seja, ocorreu interação.

As espécies de cobertura de solo possuem diferentes composições químicas e diferença no tipo de palha o que pode provocar diferenças nos teores de P no solo em decorrência da decomposição de seus diferentes resíduos (CORRÊA et al., 2004). A

capacidade das espécies na reciclagem de P ocorre também devido aos graus de adaptações que elas acessam o P do solo, estando isso ligado com as características e demais fatores que venham a influenciar sobre a atividade da raiz da planta, como por exemplo, a própria morfologia da raiz, que é uma característica que varia de espécie para espécie e também por associações com micorizas que propiciam a maior exploração de solo (RICHARDSON et al., 2009).

Silva et al. (2011) comentou em seu trabalho que existem estudos apontando maior extração de P por plantas que possuem sistema radicular vasto e que ainda produzam exsudatos capazes de acidificar a rizosfera, sendo a condição que favorece a solubilização de fosfatos naturais. Além disso existe diferença em aquisição e utilização de P em função de diferentes famílias de plantas de cobertura, pois Rao et al. (1997) apud Silva et al. (2011) afirmam que essas diferenças, em relação a gramíneas e leguminosas são explicadas pela morfologia do sistema radicular, eficiência de obtenção de P por unidade de raiz, atividade de fosfatase ácida e concentração de fosforo nas diferentes partes da planta, sendo que o sistema radicular de gramíneas é caracterizado por ser maior e mais volumoso e em contrapartida o sistema radicular de leguminosas possui maior eficiência em aquisição de P por unidade de raiz.

Neste trabalho, na parcela subdividida com N, no tratamento 3 (aveia) encontrou-se menor teor de P no solo quando comparado com os demais tratamentos. Isso se assemelha com o trabalho realizado por Martins & Junior (2005), com o objetivo, também, de estudar o efeito de diferentes culturas antes do plantio de milho em relação a alguns atributos químicos do solo, onde foi verificado um menor teor de P no solo decorrente da rotação de milho sob aveia preta. O autor relata que isso ocorreu devido a desvantagem da aveia em relação as demais culturas na absorção de P e a decomposição do material ser mais lenta.

Borkert et al. (2003) realizou um trabalho com o objetivo de estimar as quantidades de nutrientes reciclado em função de diferentes espécies de cobertura de solo e percebeu que a aveia preta possui baixa capacidade de reciclar fosforo, variando de 8 a 12 kg/ha⁻¹ para uma produção de matéria seca de 5 a 10 t/ha⁻¹.

Na parcela subdividida sem N, foi encontrado menor teor de P no solo no tratamento de consorcio (A+E+N) e no tratamento com centeio. Como já mencionado, o consorcio entre plantas propicia benefícios de ambas as plantas, como por exemplo,

benefício do uso de gramíneas e leguminosas. Em contrapartida pode alterar a dinâmica de liberação de nutrientes em função da decomposição dos resíduos gerados pelo consorcio.

Com o objetivo de avaliar a liberação de P e K de resíduos de plantas de cobertura, isolada e em consorcio, Giacomini et al. (2003) percebeu que no consorcio entre aveia e ervilhaca houve diminuição na taxa de liberação de P e K quando comparado ao cultivo da ervilhaca isolada. Além disso o autor comenta que na ervilhaca, nos primeiros 15 dias, 60% do P permaneceu nos resíduos e no caso da aveia e nabo em consorcio esse valor foi superior a 90%.

O centeio é considerado uma planta com grande potencial de reciclar P do solo (CASALI, 2012). Neste trabalho devemos observar que na parcela subdividida sem presença de N mineral na profundidade de 5-10 cm o tratamento com centeio foi um dos que apresentou um teor mais baixo deste elemento no solo e na parcela subdividida com N mineral, nesta mesma profundidade apresentou o teor mais alto deste elemento no solo. Neste sentido a adubação nitrogenada de fonte mineral influenciou o comportamento da planta em reciclar o P de solo.

A justificativa para o teor de P no solo ser maior na parcela subdividida com presença de N mineral no tratamento com centeio está ligado com o argumento de Leite (2015) que menciona que a adubação nitrogenada, assim como o plantio direto, contribui com o incremento de resíduos ao solo alterando a ciclagem de P. Neste sentido Casali (2012) comenta em seu trabalho que a concentração de P no tecido do centeio foi menor quando comparado com outras plantas de cobertura (ervilhaca, nabo e tremoço) que também estão neste trabalho e que o centeio possui, portanto, alto potencial de reciclar fósforo devido a sua capacidade de produzir matéria seca e como já mencionado, a adubação nitrogenada contribui para a maior produção de matéria seca de plantas podendo ser a possível justificativa para os dados encontrados neste trabalho em relação ao comportamento do centeio.

Observou-se que nas três camadas, nas parcelas subdivididas com presença de N mineral, o teor de K, Ca e Mg encontrado no solo foi menor que na parcela subdividida sem presença de N mineral.

As plantas de cobertura de solo (aveia, nabo, tremoço) possuem concentrações consideradas altas de cátions (Ca, Mg e K) no tecido (ANDREOTTI et al., 2008). Com a decomposição desses resíduos esses elementos são disponibilizados no solo para os próximos cultivos. O SPD contribui com a adição de resíduos no solo que podem elevar o

pH, antes da humificação, por favorecer a complexação de H e Al com compostos do resíduo das plantas, passando os cátions (Ca, Mg e K) a ficarem mais livres na solução de solo (SILVEIRA et al., 2010). Neste trabalho os teores de Ca, Mg e K sofreram influência da adubação nitrogenada, apresentando um menor teor no solo na parcela subdividida com presença de adubação nitrogenada em relação a parcela subdividida com ausência de adubação nitrogenada.

Com a decomposição de resíduos de plantas os nutrientes são disponibilizados para os cultivos subsequentes, porém esta disponibilização de nutrientes está diretamente ligada com a forma que ele encontrasse no tecido vegetal. Após o manejo de plantas de cobertura de solo, o K é lixiviado de forma rápida e praticamente independe de processos microbianos, pois o K está presente na forma iônica na planta, não fazendo parte de componentes estruturais (GIACOMINI et al., 2003).

O milho é uma planta que extrai K do solo em grande quantidade, porém a maior parte dele é devolvido para a lavoura pela decomposição de seus resíduos (exceto quando destinado para produção de silagem). Rossato (2004) evidenciou que a extração de K pelos grãos do milho foi crescente de acordo com as doses de N e K utilizadas. Sendo assim foram extraídos pelos grãos de milho na colheita 38; 51; 50; 64 kg/ha⁻¹ de K correspondendo as doses de 0 + 0; 60 + 0; 120 + 0; 180 + 0, de N e de K respectivamente.

Neste trabalho o teor de K encontrado no solo foi menor na parcela subdividida com presença de adubação nitrogenada. Este fato é justificado e está de acordo com o trabalho anterior, pois neste trabalho, a cultura do milho é cultivada após o manejo das plantas de cobertura de solo e recebe adubação nitrogenada nas doses de 180 kg/ha⁻¹ e Zero (parcelas subdivididas com e sem N). Desta forma é provável que ocorreu extração de K em maior quantidade na parcela subdividida com presença de N mineral em função da maior absorção do nutriente do solo pela cultura do milho que posteriormente foi colhida e exportou K em maior quantidade quando comparado com a parcela subdividida sem presença de adubação nitrogenada.

O uso de alguns fertilizantes nitrogenados na agricultura acaba contribuindo com o processo de acidificação do solo (ZIGLIO et al., 1999). Neste sentido o Ca, Mg e K são nutrientes que sofrem influência do uso de nitrogênio e neste trabalho, como já mencionado, os três nutrientes nas três profundidades estudadas, apresentaram menor disponibilidade, encontrados no solo, nas parcelas subdivididas com adição de N mineral quando comparado com a parcela subdividida sem adição de N mineral.

Fernandes et al (2007) realizou um trabalho em um Latossolo Vermelho Amarelo, distrófico e teve por objetivo avaliar o efeito de doses e parcelamento de N nas propriedades químicas do solo perante o cultivo milho - aveia preta – milho, no sistema plantio direto em fase de implantação e percebeu que os valores de Ca e Mg foram maiores no tratamento sem uso de nitrogênio em cobertura e que os menores valores ocorreram onde se fez o uso das maiores doses de N na semeadura e na cobertura, considerando este fato como um reflexo da acidificação de solo causado pela adubação nitrogenada. Esse mesmo autor comenta que a acidificação do solo causada pela adubação nitrogenada foi a possível causa do decréscimo de K no solo com as maiores doses de N no segundo cultivo de milho. Desta forma conclui que os teores de Ca, Mg e K, após o segundo cultivo de milho, decrescem com o aumento dos níveis de N, resultado que está de acordo com este trabalho.

A SB e a CTC a pH 7,0 encontradas, nas três camadas, nas parcelas subdivididas com presença de N mineral, foi menor que na parcela subdividida com ausência de N mineral. Este fato está relacionado com o comportamento do K, Ca e Mg, pois a SB é a soma desses três elementos e a CTC a pH 7,0 é a soma do H+Al (que não apresentou diferença estatística neste trabalho) com a SB.

Favarato et al (2015) teve por objetivo avaliar a influência de plantas de cobertura sob os atributos químicos do solo cultivado com milho verde orgânico no sistema plantio direto em um Latossolo Vermelho Amarelo distrófico argiloso localizado em Domingos Martins ES e comenta que a SB teve seu valor inicial e final, no tratamento sistema convencional, inferior aos demais tratamentos, ressaltando que este fato é explicado pelos menores teores de K, Ca e Mg encontrados no solo desse tratamento em relação aos outros tratamentos. Dessa forma fica claro que o valor da SB possui comportamento similar dos nutrientes K, Ca e Mg, pois o mesmo é resultante da soma desses três elementos.

Fernandes et al (2007) ressalta em seu trabalho que observou menores valores de CTC e SB após os cultivos de milho com as maiores doses de N, fato este resultante da acidificação do solo em decorrência da adubação nitrogenada e perda de Ca e Mg nos cultivos por remoção pelas culturas.

O carbono apresenta uma taxa de perda e adição no solo mais equilibrada em condições naturais devido a cobertura nativa e o estado mais estável do solo. Os sistemas de manejo de solo podem alterar totalmente esse comportamento, sendo que em sistemas de manejo com revolvimento e sem adição de cobertura o carbono do solo pode ser

comprometido e em contrapartida lavouras destinadas a produção de grãos com o uso do sistema plantio direto, podem proporcionar situações de perda e adição de carbono de forma mais equilibrada (GONÇALVES & CERETTA, 1999).

Neste trabalho o estoque de carbono apenas apresentou diferença estatística na camada de 5-10 cm, sendo sua presença maior na parcela subdividida sem N. Devemos observar que o estoque de carbono obteve comportamento semelhante nas demais profundidades estudadas para as parcelas subdivididas, ou seja, apresentou um menor teor na parcela subdividida com o uso de adubação nitrogenada, porém sem apresentar diferença estatística e que possivelmente essa diferença será expressada em avaliações futuras, tendo em vista que o efeito do sistema plantio direto é cumulativo. Isso pode levar a crer que quando comparamos sistemas de produção semelhantes o estoque de carbono tende a ser menor naqueles em que se utiliza adubação nitrogenada.

Para aumentar o teor de carbono do solo deve-se utilizar práticas de manejo evitando o revolvimento do solo e propiciando a adição de altas quantidades de resíduos ao solo por meio de rotação de culturas e uso de plantas de cobertura de solo (ROSSATO, 2004). Esse mesmo autor realizou um trabalho e observou maior adição de carbono no solo de acordo com o aumento das doses de N, sendo uma circunstância oposta a este trabalho.

Em contrapartida, os dados do trabalho de Bayer (1992) se assemelham mais com os dados deste trabalho, pois verificando o efeito de diferentes métodos de preparo, sistemas de culturas e doses de N, o autor constatou que não houve efeito significativo no carbono do solo em relação a dose de N utilizada (120 kg/ha), após 5 anos, sendo que ocorreu adição de quantidade de material orgânico pelas culturas, justificando que o N nas condições do seu estudo pode ser o fator que limita a ação microbiana do solo e quando ele é aplicado a atividade microbiana é aumentada e ocorre oxidação do material orgânico.

Neste trabalho o valor de pH em água, apresentou na média, um valor maior na parcela subdividida sem presença de N mineral, na camada de 0-5, não demonstrando interação entre as plantas de cobertura usadas. Nas demais profundidades não ocorreu diferença estatística. Esse resultado está de acordo com o trabalho de Fernandes et al (2007), que conclui que aplicação de sulfato de amônio (fonte de N) provoca diminuição do pH de solo.

No trabalho de Silveira et al (2010) foi observado que o valor de pH, na camada de 0-5, nos tratamentos com estilosantes e milho consorciado com braquiária, teve seu valor reduzido quando comparados com os valores de pH da área antes da execução do

experimento. O autor relata que realizou adubação nitrogenada (sulfato de amônio) nos tratamentos com estilosantes e no milho consorciado com braquiária, apontando essa circunstância como possível motivo para a redução no pH e além disso comenta que com a colheita do milho ocorre extração de bases que também pode ter contribuído com esse resultado.

O resultado deste trabalho mostra que a adubação nitrogenada propicia acidificação do solo (redução de pH) e está de acordo com os trabalhos acima mencionados. O nitrogênio é um nutriente de grande importância para o milho, e outras plantas, porém, a aplicação de adubações como fonte de nitrogênio (principalmente os amoniacais) causam efeito no solo não desejáveis: acidificação do solo, sendo que a ureia, quando completa seu processo de nitrificação do amônio, provoca a acidificação do solo (reduz o pH original), pois no processo de transformação do amônio para nitrato ocorre liberação de prótons e a consequência da acidificação do solo (redução de pH) é que os nutrientes podem ter sua disponibilidade diminuída (LANGE et al., 2006).

Devemos observar que no geral o teor de alumínio do solo, deste trabalho, está baixo, fato que está relacionado com o uso de plantas de cobertura do solo no SPD, pois ultimamente esta prática é considerada importante na redução de efeitos de acidez em subsuperfície de solo, porque no processo de decomposição de resíduos, compostos orgânicos hidrossolúveis são liberados e possuem radicais funcionais que são capazes de formar complexos orgânicos com o alumínio e neutraliza-lo (AMARAL et al., 2004). Isso mostra claramente um dos motivos da importância do uso de plantas de cobertura de solo no SPD.

Porém é observado que o menor teor de Al no solo, foi encontrado nas parcelas subdivididas sem a presença de N mineral nas três camadas, conseqüentemente nas parcelas subdivididas com presença de N mineral o teor de alumínio foi maior. Esses dados estão de acordo com o trabalho de Lange et al (2006) que também observou um maior teor de Al no solo nas maiores doses de N.

Segundo Anghinoni e Salet (1996) apud Fernandes et al (2007), na superfície do solo ocorre uma acidificação, resultante da reação de adubos nitrogenados proporcionando aumento do teor de Al. Por tanto o comportamento do Al no solo deste trabalho está de acordo com os demais trabalhos, pois, apesar de apresentar no geral um teor baixo, provavelmente pelo uso de plantas de cobertura, o uso de N contribui para que ocorra a acidificação do solo resultando no aumento do teor de alumínio.

4.2 ALTERAÇÕES NOS ATRIBUTOS AVALIADOS DE SOLO COM O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO

Ocorreu diferença nos atributos avaliados quando comparado as médias dos tratamentos nas parcelas subdivididas, com e sem a presença de N mineral na dose de 180 kg/ha⁻¹. Esses dados são encontrados na Tabela 5

O teor de N encontrado no solo, nas três camadas, não apresentou diferença estatística nas parcelas subdivididas com presença e ausência de N mineral quando comparado suas médias, portanto é interessante destacar a importância do uso de leguminosas no fornecimento de N ao solo.

Segundo Aita et al. (2001) as leguminosas possuem a capacidade de fixar N₂ atmosférico através de simbiose com *Rhizobium*. Além disso existem trabalhos que mostram o potencial de ciclagem de N por meio da decomposição de resíduos das leguminosas. Segundo Borkert et al. (2003) é possível que retorne ao solo a partir da decomposição de resíduos do guandu cerca de 288 kg ha⁻¹ de N quando a produção de MS for de 8 a 10 t ha⁻¹; através da mucuna preta 280 kg ha⁻¹ de N quando a produção de MS for maior de 7,5 t ha⁻¹; através do tremoço 291 kg ha⁻¹ de N quando a produção de MS for de 7 a 10 t ha⁻¹; através da ervilhaca 246 kg ha⁻¹ de N quando a produção de MS for de aproximadamente 5,3 t ha⁻¹.

Rodrigues et al. (2012) realizou um trabalho para determinar a produção de MS e acúmulo de nutrientes na parte aérea de leguminosas e uma gramínea, em cultivo isolado e em consórcio e encontrou um acúmulo de N na parte aérea das leguminosas em cultivo isolado de 168; 201; 186; 117 kg ha⁻¹, para o guandu, crotalária, feijão de porco e mucuna respectivamente.

Dados de trabalhos como estes demonstram a importância do uso de espécies leguminosas no sistema plantio direto para aumentar o teor de N sem o uso de fertilizantes químicos, pois o teor de N encontrado em ambas as parcelas subdivididas (com e sem N), deste trabalho, não apresentaram diferença estatística, demonstrando que a dose de 180 kg/ha⁻¹ de N, não é significativa no SPD com uso de leguminosas.

Tabela 5: Médias das doses 180 Kg/ha de N (com) e zero (sem) com uso de plantas de cobertura de Verão nos atributos de fertilidade em três camadas. UTFPR, Dois Vizinhos – PR, 2016.

Camada (Cm)	Tratamento	N		P		K		Ca		Mg		pH			
		g/kg -1		mg/dm -3		mg/dm -3		Cmoc/dm -3		Cmoc/dm -3		Água		SMP	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0-5	Crotalaria J.	2,05	2,04	4,7	6,0	141,6	165,3	5,5	5,0	2,73	2,79	5,6	5,8	5,9	6,0
	Crotalaria S.	2,18	2,00	9,1	6,8	252,3	192,0	6,8	5,7	2,87	2,89	6,1	6,1	6,2	6,1
	Feijão de Porco	2,01	2,09	9,1	8,1	108,3	132,3	5,3	5,5	2,82	2,87	5,5	5,5	5,9	6,0
	Guandu Anão	1,91	1,90	6,5	6,1	122,0	116,6	5,9	5,5	2,75	2,79	5,6	5,6	5,9	5,9
	Lab Lab	1,96	2,07	7,1	8,2	217,0	164,3	6,0	6,3	2,81	2,85	5,9	5,8	6,0	6,1
	Mucuna Anã	2,09	1,85	11,9	14,6	147,6	130,0	5,9	6,1	2,77	2,93	5,6	6,2	5,9	6,1
	Mucuna Preta	2,21	1,96	6,7	8,6	203,6	146,6	5,9	5,9	2,78	2,84	5,6	5,8	6,0	6,0
	Pousio	1,95	1,92	15,1	7,4	138,3	145,3	5,1	5,8	2,77	2,90	5,6	6,2	5,9	5,9
	Média*	2,04 a	1,98 a	8,8 a	8,2 a	166,3 a	149,0 a	5,8 a	5,7 a	2,79 b	2,86 a	5,7 b	5,9 a	6,0 a	6,0 a
	CV** (%)	9,38		51,89		51,71		13,24		3,49		4,00		3,49	
05-10	Crotalaria J.	1,70	1,56	12,0	4,0	86,0	66,6	5,7	4,9	2,67	2,76	5,7	5,9	6,0	6,0
	Crotalaria S.	1,60	1,53	5,9	5,3	161,0	84,0	6,8	5,9	2,84	2,88	6,3	6,3	6,2	6,2
	Feijão de Porco	1,55	1,69	6,5	4,8	50,3	54,3	4,8	5,2	2,73	2,78	5,5	5,6	5,9	5,9
	Guandu Anão	1,47	1,56	6,8	4,6	55,6	59,6	5,9	5,2	2,71	2,74	5,8	5,8	6,0	6,0
	Lab Lab	1,70	1,46	6,3	8,5	154,3	175,6	6,1	5,8	2,78	2,77	6,0	6,2	6,1	6,1
	Mucuna Anã	1,68	1,54	9,0	6,7	69,3	78,6	6,3	6,0	2,74	2,88	6,1	6,1	6,0	6,2
	Mucuna Preta	1,66	1,51	5,8	4,8	124,3	64,6	5,7	5,5	2,70	2,78	5,6	5,9	5,9	6,1
	Pousio	1,56	1,52	4,3	4,5	72,0	79,6	4,8	5,5	2,70	2,86	5,6	6,2	5,9	6,0
	Média	1,62 a	1,55 a	7,1 a	5,4 b	96,6 a	82,9 a	5,7 a	5,5 a	2,73 a	2,73 a	5,8 a	6,0 a	6,0 a	6,1 a
	CV (%)	9,17		56,01		68,35		16,86		4,33		6,28		3,93	
10-20	Crotalaria J.	1,29	1,32	2,6	1,7	59,3	45,3	4,7	4,5	2,59	2,68	5,7	5,8	6,0	5,9
	Crotalaria S.	1,23	1,28	2,6	2,4	109,6	53,0	5,9	5,3	2,79	2,82	6,3	6,3	6,1	6,2
	Feijão de Porco	1,35	1,34	2,2	2,9	31,6	33,3	4,2	4,3	2,67	2,67	5,4	5,6	5,9	6,0
	Guandu Anão	1,25	1,35	2,0	1,7	37,0	41,3	5,0	4,6	2,61	2,71	5,8	5,8	6,0	6,0
	Lab Lab	1,38	1,25	2,7	3,5	110,0	116,3	5,8	5,4	2,73	2,64	6,1	6,0	6,2	6,0
	Mucuna Anã	1,37	1,24	4,3	2,4	39,0	40,3	5,4	5,1	2,67	2,76	6,0	6,0	5,9	6,0
	Mucuna Preta	1,32	1,31	2,8	2,3	70,6	42,6	4,5	4,6	2,56	2,68	5,5	5,7	5,9	6,1
	Pousio	1,32	1,49	2,0	2,3	38,3	41,6	3,9	4,7	2,58	2,79	5,6	6,1	6,0	6,1
	Média	1,31 a	1,32 a	2,7 a	2,4 a	61,9 a	51,7 a	4,9 a	4,8 a	2,65 a	2,72 a	5,8 a	5,9 a	6,0 a	6,0 a
	CV (%)	8,5		36,68		91,47		18,04		4,99		5,58		3,58	

Continua...

Camada (Cm)	Tratamento	SB		CTC a pH 7,0		V%		MO		Carbono		Al		H+Al	
		Cmol/dm -3		Cmol/dm -3		Cmol/dm -3		%		Estoque		Cmol/dm -3		Cmol/dm -3	
		Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem	Com	Sem
0-5	Crotalaria J.	8,5	8,2	13,6	12,9	62,6	63,8	5,0	4,6	14,5	13,7	0,21	0,18	5,0	4,6
	Crotalaria S.	10,3	9,1	14,6	13,5	70,2	67,6	5,3	4,3	17,3	12,5	0,12	0,18	4,2	4,3
	Feijão de Porco	8,4	8,7	13,6	13,6	61,5	64,4	5,0	5,2	15,9	15,1	0,18	0,21	5,2	4,8
	Guandu Anão	8,9	8,6	14,2	13,8	62,8	62,4	4,6	5,1	14,7	15,9	0,12	0,18	5,2	5,2
	Lab Lab	9,4	9,5	14,1	14,2	65,7	67,0	4,8	5,2	16,9	16,2	0,12	0,25	4,7	4,6
	Mucuna Anã	9,1	9,4	14,3	13,8	63,3	68,0	5,3	5,0	15,6	15,8	0,18	0,18	5,2	4,3
	Mucuna Preta	9,2	9,1	14,1	14,0	65,4	64,8	5,4	5,1	16,0	16,1	0,12	0,21	4,8	4,9
	Pousio	8,2	9,1	13,5	14,6	60,8	62,9	4,7	4,8	16,4	15,1	0,15	0,15	5,3	5,5
	Média	9,0 a	9,0 a	14,0 a	13,8 a	64,0 a	65,1 a	5,0 a	4,9 a	15,9 a	15,0 a	0,15 b	0,20 a	5,0 a	4,8 a
	CV (%)	8,77		8,43		5,94		9,9		12,42		34,05		16,55	
05-10	Crotalaria J.	8,6	7,9	13,7	12,6	62,8	62,8	4,3	3,9	14,1	13,3	0,18	0,18	4,6	4,8
	Crotalaria S.	10,0	9,0	14,3	13,3	69,9	67,3	4,0	3,8	14,8	13,2	0,12	0,15	4,4	4,2
	Feijão de Porco	7,6	8,1	12,8	13,0	59,3	62,5	4,0	4,6	14,3	17,0	0,18	0,21	5,2	5,1
	Guandu Anão	8,7	8,1	14,0	13,4	62,4	61,1	3,9	4,4	14,1	14,3	0,12	0,18	4,8	4,8
	Lab Lab	9,3	9,0	14,1	13,6	65,6	65,7	4,1	4,0	15,2	13,0	0,12	0,21	4,5	4,5
	Mucuna Anã	9,2	9,0	14,4	13,4	63,7	67,0	4,3	4,4	16,3	15,0	0,18	0,18	4,8	4,2
	Mucuna Preta	8,7	8,4	13,6	13,3	63,9	62,9	4,5	4,1	17,1	15,0	0,18	0,18	5,0	4,4
	Pousio	7,6	8,5	12,9	14,1	59,1	61,6	3,6	4,1	13,2	14,9	0,15	0,18	5,1	4,7
	Média	8,7 a	8,5 a	13,7 a	13,3 a	63,3 a	63,9 a	4,1 a	4,2 a	14,9 a	14,5 a	0,16 b	0,19 a	4,8 a	4,6 a
	CV (%)	11,44		9,77		6,57		11,67		13,80		27,76		18,48	
10-20	Crotalaria J.	7,5	7,3	12,5	11,9	59,6	60,9	3,7	3,8	25,5	27,0	0,18	0,21	4,8	5,3
	Crotalaria S.	9,0	8,3	13,3	12,6	67,7	65,4	3,4	3,1	25,4	22,7	0,12	0,15	4,4	4,1
	Feijão de Porco	7,0	7,1	12,2	11,9	57,2	59,4	3,7	3,7	25,7	26,2	0,18	0,25	5,0	4,9
	Guandu Anão	7,7	7,4	12,9	12,6	59,3	59,1	3,4	3,7	23,7	27,4	0,15	0,18	4,7	4,9
	Lab Lab	8,8	8,3	13,6	12,9	64,0	62,8	3,4	3,5	24,0	26,1	0,15	0,21	4,3	5,4
	Mucuna Anã	8,2	7,9	13,4	12,3	61,0	64,2	3,3	3,7	26,1	25,8	0,15	0,18	5,0	4,7
	Mucuna Preta	7,2	7,4	12,1	12,3	59,6	59,9	3,8	3,9	26,5	29,1	0,25	0,18	5,1	4,4
	Pousio	6,5	7,6	11,8	13,1	55,3	58,8	3,3	3,5	24,3	24,8	0,18	0,18	4,9	4,5
	Média	7,7 a	7,6 a	12,7 a	12,5 a	60,4 a	61,3 a	3,5 a	3,6 a	25,1 a	26,1 a	0,17 a	0,20 a	4,8 a	4,8 a
	CV (%)	11,99		10,1		7,46		14,6		15,85		47,32		18,55	

* Médias seguidas pela mesma letra minúscula para cada variável não diferem estatisticamente pelo teste t Student (P>0,05). ** CV referente ao fator B (doses de adubação nitrogenada).

Em relação ao P a camada de 5-10 foi a única que apresentou diferença em função das parcelas subdivididas, na média geral, apresentando um teor maior desse nutriente na parcela subdividida com uso de N mineral.

O sistema plantio direto contribui diretamente com a adição de resíduos vegetais no solo, assim como a adubação nitrogenada também contribui, pois, a adubação nitrogenada aumenta a produção de biomassa que afeta a ciclagem de P. Além disso o N afeta diretamente a população e a atividade microbiana do solo (LEITE, 2015).

Esses fatores contribuem para aumento de produção de matéria seca e posteriormente para decomposição mais rápida dos resíduos. O P é um elemento que está presente no tecido das plantas e com o aumento de produção de matéria seca, aumenta a quantidade de fosforo que será disponibilizado a partir da decomposição dos resíduos vegetais, tendendo a uma concentração maior de P nesta área.

Neste trabalho, as diferenças nos atributos do solo, em função do uso de nitrogênio, foram expressadas de forma mais acentuada com o uso de plantas de cobertura de inverno que possuíam maior diversidade de famílias (Poaceae, Fabaceae, Brassicaceae, leguminosa) quando comparadas com a de verão (apenas leguminosas) e possivelmente isso interferiu nos resultados. Além do exposto acima sobre importância do uso de leguminosas como fonte de N e a diferença ocorrida em relação ao P, em função da dose de N utilizada, ocorreu diferença, no teor de Mg, no valor de pH e no teor de Al, quando comparado as medias das parcelas subdivididas com e sem N.

Para Mg houve diferença apenas na camada de 0-5 cm, encontrando um menor teor no solo na parcela subdividida com adição de N mineral. O pH em agua apresentou um menor valor na camada de 0-5 cm na parcela subdividida com o uso de N mineral. O menor teor de Al no solo foi encontrado na parcela subdividida com a presença de N mineral nas camadas de 0-5 e 5-10 cm.

O comportamento do pH e do Mg, de certa forma estão interligados, pois como exposto anteriormente, o uso de N de fonte mineral favorece a acidificação do solo (redução de pH) e como consequência o Mg tende a ter sua disponibilidade diminuída. Porém o Al obteve um comportamento contraditória do esperado, pois esperava-se encontrar um teor maior na parcela com o uso de N mineral, consequência do processo de acidificação de solo, pois, uma vez que o pH tem seu valor diminuído, o Al tende a apresentar maior teor.

Além de ter ocorrido diferença estatística do teor de Al nas parcelas subdivididas, devemos observar que esse teor de Al, em ambas as parcelas, é considerado baixo e que isso não é problemático para as culturas, além do mais, o valor de pH encontrado ficou acima de 5,5, faixa em que a ocorrência de Al é baixa ou nula (MARION et al., 1976 apud TESTA, 1989).

Ouro fato importante é que as leguminosas quando comparadas com as gramíneas, são mais eficientes em aumentar o pH de solo e neutralizar o Al devido ao teor de cátions básicos presentes no tecido vegetal, que confere um certo efeito alcalino nesse material pela maior concentração de ânions orgânicos para manter a neutralidade elétrica da planta (FRANCHINI et al., 1999).

Ademais para justificar o comportamento do Al, na agricultura existem maneiras para neutralizar a acidez dos solos, como aplicação de calcário, aplicação de resíduos orgânicos (compostagem e esterco de animais) e aplicação de resíduos vegetais, sendo que os teores de carbono orgânico solúvel e os teores de cátions nos resíduos de plantas é o que define a sua capacidade de neutralizar a acidez do solo e normalmente são encontrados em maior abundância em resíduos de adubos verdes como feijão de porco, mucunas, crotalarias dentre outras. A hidrólise (proveniente do aumento de pH) e a complexação por ácidos orgânicos, são reações químicas responsáveis pela redução de toxicidade de Al por ácidos orgânicos de resíduos vegetais (MIYAZAWA et al., 2000).

Por isso devemos observar os resultados de pH e Al deste trabalho com mais atenção, pois possivelmente o uso das plantas de cobertura de solo de verão, obtiveram maior efeito em elevar o valor de pH do solo, em valores mais altos quando comparados com as plantas de cobertura de inverno, sendo que a adubação nitrogenada teve apenas um leve efeito na camada de 0-5 cm, provocando pequena acidificação de solo reduzindo o valor de pH.

Portanto o comportamento do Al no solo nas camadas de 0-5 e 5-10 na parcela subdividida com adição de N mineral, não seguiu resultado normalmente encontrado com reflexo da pequena acidificação de solo. Portanto é muito mais possível ter ocorrido lixiviação de Al no solo, pois a lixiviação de cátions como o Al é favorecida pela presença de ânions solúveis como o nitrato (NO_3) (MIYAZAWA et al., 2000).

5.0 CONCLUSÕES

Para as plantas de cobertura hibernais o uso de uréia resultou em redução da soma de bases pela extração de K, Ca e Mg até 20 cm de profundidade.

A adubação nitrogenada influencia o comportamento do centeio na ciclagem de fósforo.

A adubação nitrogenada via uréia não é eficiente no sistema plantio direto com o uso de leguminosas para aumentar o teor de nitrogênio no solo.

O uso de leguminosas tropicais no sistema plantio direto reduz o efeito da adição de nitrogênio mineral em alterar os atributos de fertilidade do solo em comparação com o uso de gramíneas.

Os nutrientes N, P, K assim como a Matéria orgânica apresentaram comportamento mais acentuado na forma de gradiente no perfil de solo.

O uso de plantas de cobertura de solo no sistema plantio direto propicia o acúmulo de nutrientes na camada superficial de solo.

6.0 REFERÊNCIAS

ABEAS. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. Plantio Direto: **Histórico, característica e benefícios do plantio direto** (Curso Plantio Direto. Módulo 1). Tutor: LANDERS, John. ABEAS; Brasília. DF: Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 113 p. 2005.

AITA, C. et al. Plantas de cobertura do solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, n.1, p.157-165, 2001.

ALVARES, C. et al. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, Gebrüder Borntraeger, Stuttgart, v. 22, p. 711-728, 2013.

ALVES, G.D. et al. Potencial de mineralização de N e de C em vinte solos de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 245-256, 1999.

AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I.; DESCHAMPS, F.C. Resíduos de plantas de cobertura e mobilidade dos produtos da dissolução do calcário aplicado na superfície do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, n. 1, p. 115-123, 2004.

ANDREOTTI, M. et al. 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.

ARANTES, E.M.; CREMON, C.; LUIZ, M.A.C. Alterações dos atributos químicos do solo cultivado no sistema orgânico com plantio direto sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Agrarian**, v. 5, n. 15, p. 47-54, 2012.

BARRADAS, C.A.A. **Adubação verde**. Niterói: Programa Rio Rural. 2010. 12p. (Manual Técnico; 25).

BAYER, C. **Características químicas do solo, nutrição e rendimento do milho afetados por métodos de preparo de solo e sistemas de cultura**. 1992. 183 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, da Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1992.

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, jan. 2003.

CABREIRA, M. A.F. **Levantamento das classes de solos da área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos**. 2015, 50f. Trabalho de Conclusão de Curso II em Engenharia Florestal, Dois Vizinhos, Paraná, 2015.

CARVALHO, M.A.C. et al. Produtividade do milho em sucessão a adubos verdes no sistema de plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p.47-53, 2004.

CASALI, Carlos A. Sistemas de culturas sob diferentes manejos por longa duração alteram as formas de fósforo do solo?. 2012. 149 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2012.

CASÃO JUNIOR, R.; ARAÚJO, A.G.; LLANILLO, R.F. **Plantio direto no Sul do Brasil**: Fatores que facilitaram a evolução do sistema e o desenvolvimento da mecanização conservacionista. Londrina: IAPAR, 2012.

CIB, Conselho de Informações sobre Biotecnologia. **Guia do milho**: tecnologia do campo à mesa. Julho, 2006. Disponível em: <http://www.cib.org.br/pdf/guia_do_milho_CIB.pdf>. Acessado em 26/09/2015.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G.E. **Seja o doutor do seu milho, nutrição e adubação**. Arquivo do Agrônomo Potafos, n. 2, p. 1-9, Piracicaba, 1995.

COELHO, A.M.; REZENDE, A.V. **Exigências nutricionais e adubação do milho safrinha**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2008. 10 p. (Embrapa Milho e Sorgo, Circular técnica, 111).

CORRÊA, J. C., MAUAD, M., ROSOLEM, C. A. Fósforo no solo e desenvolvimento de soja influenciados pela adubação fosfatada e cobertura vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.12, p.1231-1237, dez. 2004.

CORREIA, N.M.; DURIGAN, J.C. Culturas de cobertura e sua influência na fertilidade do solo sob sistema de plantio direto (SPD). **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 24, n. 4, p. 20-31, 2008.

COSTA, E.M.; SILVA, H.F.; RIBEIRO, P.R.A. Matéria orgânica do solo e o seu papel na manutenção e produtividade dos sistemas agrícolas. **Enciclopédia Biosfera**, centro científico conhecer – Goiânia, v.9, n.17; p. 1842-18-60, 2013.

CRUSCIOL, C.A.C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n. 2, p.161-168, 2005.

EFFGEN, E.M. **Avaliação de atributos físicos e químicos de um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico sob cultivo de eucalipto e pastagem no sul do Espírito Santo**. 2008. 90 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal), Universidade Federal do Espírito Santo. Alegre, 2008.

EMBRAPA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Brasília, (DF): Embrapa, 3 ed. 353 p. 2013.

FAVARATO, L. F. et al. Atributos químicos do solo com diferentes plantas de cobertura em sistema de plantio direto orgânico. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**. (RBAS), v. 5, n. 2, p. 19-28, 2015.

FEBRAPDP. **Evolução do sistema plantio direto no Paraná**. Novembro, 2014. Disponível em: http://febrapdp.org.br/download/EVOLUCAO_DO_SPD_NO_PARANA_2014.pdf. Acessado em 01/09/2015.

FEBRAPDP - Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha. Ponta Grossa, Boletim Informativo. Ano 10, n. 35, 08p. 2009.

FERNANDES, F.C.S.; LIBARDI, P.L.; SILVA, M.M. Efeito da adubação nitrogenada nas propriedades químicas de um Latossolo, cultivado com milho em sucessão a aveia preta, na implantação do sistema plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, n. 5, p. 639-647, 2007.

FRANCHINI J.C. et al. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Londrina, v. 23, p. 533-542, 1999.

GIACOMINI, S. J. et al. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 38, n. 9, p. 1097-1104, 2003.

GONÇALVES, C.N; CERETTA, C.A. Plantas de cobertura de solo antecedendo o milho e seu efeito sobre o carbono orgânico do solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 2, p. 307-313, 1999.

GUERRA, W.E.X. **Fertilidade do solo**. Presidente Prudente: Unoeste, 2015. 3p. (Universidade do Oeste Paulista. Comunicado Técnico, n. 1, agosto de 2015).

HECKLER, J.C.; SALTON, J.C. **Palha: Fundamento do sistema plantio direto**. Dourados, Embrapa Agropecuária Oeste, 2002. 26p. (Coleção Sistema Plantio Direto)

LANGE, A.; et al. Doses de nitrogênio e de palha em sistema plantio direto de milho no cerrado. **Revista Ceres**, Lavras v. 53, p. 171-178, 2006.

LEITE, J. N. F. **Formas orgânicas e inorgânicas de fósforo no solo em função de plantas de cobertura e de adubação nitrogenada**. 2015. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2015.

LIMA, L.B.DE. Efeito das plantas de cobertura em sistema de plantio direto. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer - Goiânia, v. 10, n. 18, p. 1410-1425, 2014.

MACHADO, P.L.O.A. **Manejo da matéria orgânica de solos tropicais: abrangência e limitações**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2001. 20 p. (Embrapa Solos. Documentos, n. 24).

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. I – Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1553-1567, 2012. (a)

MARCELO, A.V.; CORÁ, J.E.; FERNANDES, C. Sequências de culturas em sistema de semeadura direta. II – Decomposição e liberação de nutrientes na entressafra. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 36:1568-1582, 2012. (b)

MARTINS, R.M.G.; JUNIOR E.J.R. Culturas antecessoras influenciando a cultura de milho e os atributos do solo no sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 27, n. 2, p. 225-232, 2005.

MEURER, E.J. Potássio. In: FERNANDES, M.S. **Nutrição mineral de plantas**. Viçosa, MG, Universidade Federal de Viçosa, 2006. p. 281-298.

MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A.; FRANCHINI, J.C. Neutralização da acidez do perfil do solo por resíduos vegetais. **Informações Agrônomicas**, São Paulo, n. 92, p. 1-8, 2000. Encarte.

OHLAND, R.A.A. et al. Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, p. 538-544, 2005.

PERIN, A. et al. Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e fixação biológica de nitrogênio por adubos verdes em cultivo isolado e consorciado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.1, p35-40, janeiro, 2004.

POSSENTI, J. C. et al. Distribuição da precipitação pluvial em Dois Vizinhos, Paraná, Brasil. In: I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária - 3 a 5 de outubro de 2007, 2007, Dois Vizinhos, PR. Anais do I Seminário Sistemas de Produção Agropecuária da UTFPR. Dois Vizinhos, PR: UTFPR, 2007. p. 140-142.

QUAGGIO, J.A. et al. Respostas da soja á aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 28, n. 3, p. 375-383, 1993.

RAIJ, B.V. **Fertilidade do solo no Brasil**: Contribuições do Instituto Agronômico de Campinas. Informações Agronômicas, Campinas. n.132, p.01-13, 2010.

RICHARDSON, A. E. et al. Plant mechanisms to optimize access to soil phosphorus. **Crop & Pasture Science**, Victoria, v.60, p.124-143, 2009.

RODRIGUES, G.B. et al. Matéria e nutrientes da parte aérea de adubos verdes em cultivos exclusivo e consorciado. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 59, n. 3, p. 380-385, 2012.

ROSSATO, R. R. **Potencial de ciclagem de nitrogênio e potássio pelo nabo forrageiro intercalar ao cultivo do milho e trigo sob plantio direto**. 2004. 130 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, do Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

SARTORI, V.C. Cartilha para agricultores: **adubação verde e compostagem estratégias de manejo do solo para conservação das águas**. Caxias do Sul, RS Educs, 2011.

SCHLINDWEIN, J.A.; ANGHINONI, I. Variabilidade vertical de fósforo e potássio disponíveis e profundidade de amostragem do solo no sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.30, n.4, p.611- 617, 2000.

SEAB/DERAL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural. **Milho – Safra 2014/15**. Dezembro de 2014. Disponível em: <http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_2014_15.pdf>. Acessado em: 26/09/2015.

SILVA, A.A.DA. et al. Sistema de Plantio Direto na Palhada e seu impacto na agricultura brasileira. **Revista Ceres**, v. 56, n. 4, p. 496-506, jul./ago. 2009.

SILVA, D. A. et al. Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo, Sete Lagoas*, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006.

SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. A New Version of The Assistat-Statistical Assistance Software. In: World congress on computers in agriculture, 4, Orlando-FL-USA: Anais... Orlando: American Society of Agricultural and Biological Engineers. p.393-396. 2006.

SILVA, T. O. et al. Plantas de cobertura submetidas a diferentes fontes de fósforo em solos distintos. *Semina: Ciências Agrárias, Londrina*, v. 32, n. 4, p. 1315-1326, 2011.

SILVEIRA, P.M. et al. Atributos químicos de solo cultivado com diferentes culturas de cobertura. *Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia*, v. 40, n. 3, p. 283-290, 2010.

TESTA, V.M. **Características químicas de um podzólico vermelho-escuro, nutrição e rendimento de milho afetados por sistemas de culturas**. 1989. 148 f. Dissertação (Mestre em Solos) – Curso de Pós-Graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1989.

ZIGLIO, C.M.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Formas orgânicas e inorgânicas de mobilização de cálcio no solo. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.42, p.257-262, 1999.