

LUCAS DA SILVEIRA

IMPLICAÇÕES DE PLANTAS DE COBERTURA E DE DOSES DE
NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

CASCVEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2018

LUCAS DA SILVEIRA

IMPLICAÇÕES DE PLANTAS DE COBERTURA E DE DOSES DE
NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DA SOJA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Engenharia de Energia na Agricultura da Universidade Estadual do Paraná em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia.

ORIENTADOR: Prof. Dr. DEONIR SECCO

COORIENTADOR: Prof. Dr. REGINALDO FERREIRA SANTOS

CASCADEL
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2018

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Sistema de Bibliotecas – UNIOESTE)

S586i Silveira, Lucas da.
Implicações de plantas de cobertura e de doses de nitrogênio no rendimento de grãos da soja / Lucas da Silveira. --- Cascavel (PR), 2018.
59 f.

Orientador: Prof. Dr. Deonir Secco.
Coorientador : Prof. Dr . Reginaldo Ferreira Santos
Dissertação (Mestrado de Engenharia de Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel, 2018. Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas, Programas de Pós- graduação em Engenharia de Energia na Agricultura.
Inclui Bibliografia

1. Fertilizantes nitrogenados. 2. Latossolos. 3. Produção vegetal.
I. Secco, Deonir. II. Santos, Reginaldo Ferreira. III. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. IV. Título.

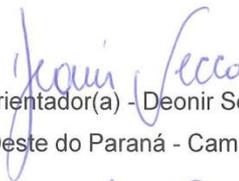
CDD 20.ed. 631.4

Rosângela A. A. Silva – CRB 9ª/1810

LUCAS DA SILVEIRA

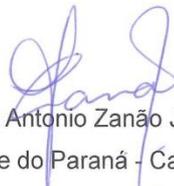
“IMPLICAÇÕES DE PLANTAS DE COBERTURA E DE DOSES DE NITROGÊNIO NO RENDIMENTO DE GRÃOS DE SOJA”

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Energia na Agricultura em cumprimento parcial aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia de Energia na Agricultura, área de concentração Agroenergia, linha de pesquisa Biomassa e Culturas Energéticas, APROVADO(A) pela seguinte banca examinadora:



Orientador(a) - Deonir Secco

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Luiz Antonio Zanão Júnior

Universidade Estadual do Oeste do Paraná - Campus de Cascavel (UNIOESTE)



Tiago Roque Benetoli da Silva

Universidade Estadual de Maringá - Campus de Umuarama (UEM)

Cascavel, 23 de fevereiro de 2018

*“ Ainda que eu ande
pelo vale da sombra da morte
o teu amor lança fora o medo.
Ainda que eu me encontre
bem no meio das tempestades da vida
Não voltarei, pois perto estás.
Eu não temerei o mal
Pois o meu Deus comigo está
E se o meu Deus comigo está
A quem eu temerei? A quem eu temerei?...”*

AGRADECIMENTOS

Eu não poderia deixar de agradecer em primeiro lugar, a aquele que sempre acreditou em mim, aquele que nos momentos de choro, tristeza e decepção sempre segurou em minha mão e não me deixou parar, obrigado meu **DEUS** por ser o meu sustento nestes anos de aprendizado.

À minha esposa, **Katellyn Karoline Silveira**, pelo apoio incondicional, compreensão, amor e incentivo, sempre.

Agradeço a minha mãe, **Eunice Bertolino**, por ser um exemplo de pessoa, por estar sempre presente em minha vida e ser uma mãe carinhosa, amável e disciplinadora.

Ao meu orientador e agora amigo **Deonir Secco**, que possuo grande admiração, pelo seu trabalho e profissionalismo, aprendi muito com ele, não foi fácil, mais tenho a certeza de que os seus conselhos me transformaram em um homem melhor.

Ao meu professor, amigo e padrinho **Reginaldo Ferreira Santos**, sem ele nada disso seria possível, seus ensinamentos, seu exemplo, sua conduta, sua Fé, me ajudaram a traçar este percurso.

Ao lapa e ao professor **Luiz Antônio Zanão Júnior**, que me forneceram a área para a realização dos experimentos.

À minha amiga e professora **Luciene Kazue Tokura**, que compartilhou comigo seus conhecimentos.

Aos professores do Programa de Mestrado em Engenharia de Energia na Agricultura, que agregaram conhecimento nesta trajetória.

Ao técnico agrícola do lapa **Luiz Carlos**, que nunca mediu esforços para me auxiliar nos trabalhos a campo

Ao Sr. **Dário**, que esteve sempre disposto para me ajudar nos experimentos.

Ao grupo de pesquisa do Laboratório de Física do Solo – LAFIS – pelo convívio e pelas inúmeras vezes as quais me ajudaram no campo experimental e/ou no laboratório

Em especial e de todo meu coração quero agradecer a secretária do programa, **Vanderléia Luzia Stockmann Schmidt**, que em momentos difíceis me incentivou a continuar e a nunca desistir dos meus ideais, sem dúvida essa conquista teve a sua grande ajuda, seus conselhos foram cruciais e levarei para minha vida toda.

Ao fomento fornecido pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) para realização deste trabalho.

À Universidade Estadual do Oeste do Paraná, que mantém este programa de mestrado oportunizando incentivo à ciência e ao conhecimento.

Por fim de uma maneira simples e honesta, a todos que me ajudaram direta ou indiretamente neste processo, recebam meu muito obrigado!

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores médios dos atributos físicos do solo sob três profundidades, duas espécies de cobertura e quatro doses de nitrogênio (média de cinco repetições). ...27

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Altura das plantas de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio-(A= Aveia preta e B= Ervilha forrageira).....32

Figura 2. Massa de 100 grãos (g) de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio- (A= Aveia preta e B= Ervilha forrageira).33

Figura 3. Rendimento (kg ha^{-1}) de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio-(A= Aveia preta e B= Ervilha forrageira).34

SILVEIRA, Lucas. Me. Universidade Estadual do Oeste do Paraná. Fevereiro 2018. **Implicações de plantas de cobertura e de doses de nitrogênio no rendimento de grãos da soja.** Orientador: Dr. Deonir Secco. Coorientador: Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

RESUMO

Os efeitos benéficos ao solo, quando se utiliza plantas de cobertura, são inúmeros, como ciclagem de nutrientes, fixação de nitrogênio, quebra do ciclo de pragas e doenças, estruturação do solo e adição de matéria seca. Isso faz com que a cultura subsequente tenha melhores condições para expressar seu potencial produtivo. O macronutriente nitrogênio é um elemento fundamental para qualquer vegetal, especialmente nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas. Com isso o objetivo do presente trabalho foi avaliar o efeito das espécies de cobertura ervilha forrageira (*Pisum sativum L.*) e aveia preta (*Avena strigosa*) e doses de nitrogênio no rendimento de grãos da soja. Foram realizados dois experimentos, nos mesmos foram avaliados os atributos físicos do solo: densidade do solo, porosidade total, microporosidade e macroporosidade e, na cultura da soja foram avaliados os componentes de produção: altura, massa de cem grãos e o rendimento de grãos da cultura da soja (*Glycine max*). Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Instituto Agrônomo do Paraná - IAPAR, polo regional de Santa Tereza do Oeste. O solo da região é classificado como Latossolo Vermelho Distróferrico típico. O delineamento experimental empregado foi o de blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de inverno, ervilha forrageira e aveia preta e as sub-parcelas de doses de nitrogênio: 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹ aplicadas em cobertura a lanço, sem a incorporação, utilizando a ureia, aos 20 dias após a emergência, quando as plantas estavam em estágio V3. A área de cada unidade experimental constou de nove linhas de soja por 5,1 m de comprimento, com espaçamento de 0,45 m entre elas. Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, em que, para os fatores de natureza quantitativa, realizou-se a análise de regressão e, para as características de caráter qualitativo, foi realizado o teste de Tukey (p < 0,05). Através da adição mineral do nitrogênio no solo, observou-se que não houve ganho de produção na cultura da soja, com isso pode se dizer que em Latossolos bem estruturados e com alta fertilidade, apenas o nitrogênio presente na matéria orgânica do solo é suficiente para suprir a demanda deste elemento pela cultura da soja.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação nitrogenada, Latossolos, componentes de produção.

SILVEIRA, Lucas. Me. State University of Western Paraná. February 2018. **Implications of cover crops and nitrogen rates on soybean yield.** Advisor: Dr. Deonir Secco. Coorientador: Dr. Reginaldo Ferreira Santos.

ABSTRACT

The beneficial effects to the soil, when using cover crops, are numerous, such as nutrient cycling, nitrogen fixation, pest and disease cycle breakdown, soil structuring and dry matter addition. This makes the subsequent crop better able to express its productive potential. The macronutrient nitrogen is a key element for any plant, especially in the early stages of crop development. The objective of the present work was to evaluate the effect of forage pea (*Pisum sativum* L.) and black oats (*Avena strigosa*) and nitrogen rates on soybean yield. Two soil physical properties were evaluated: soil density, total porosity, microporosity and macroporosity, and in the soybean crop were evaluated the production components: height, mass of one hundred grains and grain yield of the soil. soybean (*Glycine max*). The experiments were conducted in the experimental area of the Agronomic Institute of Paraná - IAPAR, regional pole of Santa Tereza do Oeste. The soil of the region is classified as a Typical Dystrophic Red Latosol. The experimental design was a randomized complete block design with five replications. The plots consisted of winter cover crops, forage peas and black oats, and the subplots of nitrogen doses: 0, 25, 50, 75 and 100 kg ha⁻¹ applied in a hedge without incorporation using the urea, at 20 days after emergence, when the plants were in stage V3. The area of each experimental unit consisted of nine soybean lines per 5.1 m length, spacing 0.45 m between them. The data were submitted to analysis of variance, in which, for the quantitative factors, the regression analysis was performed and, for the qualitative characteristics, the Tukey test ($p < 0.05$) was performed. By the addition of mineral nitrogen in the soil, it was observed that there was no gain of production in the soybean crop, with this it can be said that in well structured Latosols and with high fertility, only the nitrogen present in the organic matter of the soil is sufficient for supply the demand for this element by the soybean crop.

KEYWORDS: Nitrogen fertilization, Oxisols, production components.

SUMÁRIO

| | |
|--|-----------|
| 1- INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 3 |
| 2.1 O sistema conservacionista plantio direto (SPD) | 3 |
| 2.2 Benefícios da rotação de culturas | 4 |
| 2.3 Finalidades das coberturas do solo | 5 |
| 2.3.1 A cultura da aveia preta | 6 |
| 2.3.2 A cultura da ervilha forrageira | 7 |
| 2.4 Ciclagem de nutrientes..... | 8 |
| 2.5 Nitrogênio..... | 9 |
| 2.5.1 O nitrogênio e suas funções nas plantas | 9 |
| 2.5.2 Origem..... | 10 |
| 2.5.3 Mineralização e imobilização do nitrogênio | 11 |
| 2.5.4 Nitrificação e desnitrificação | 12 |
| 2.5.5 Estabilizando o nitrogênio no solo | 13 |
| 2.5.6 Fixação do nitrogênio..... | 14 |
| 2.5.7 Perdas de nitrogênio..... | 15 |
| 2.5.8 Sintomas da deficiência e da superdose de nitrogênio nas | 16 |
| 2.6- A cultura da Soja | 16 |
| 2.6.1 A importância econômica da soja | 16 |
| 2.7 Nutrição mineral na soja | 18 |
| 2.7.2 Adubação nitrogenada na soja | 19 |
| 3- MATERIAL E MÉTODOS..... | 23 |
| 3.1 Localização do experimento..... | 23 |
| 3.2 Histórico da área | 23 |
| 3.3 Tratamentos e delineamento experimental | 23 |
| 3.4 Dessecação da área e semeadura da cultura de soja | 24 |
| 3.5 Colheita da soja..... | 24 |
| 3.6 Coleta de solo | 25 |
| 3.7 Análise estatística | 26 |
| 4- RESULTADOS E DISCUSSÃO..... | 27 |
| 4.1 Atributos físicos do solo | 27 |

| | | |
|-----------|--|-----------|
| 4.1.1 | Densidade do solo (ds)..... | 28 |
| 4.1.2 | Porosidade total (pt) | 29 |
| 4.1.3 | Macroporosidade | 30 |
| 4.1.4 | Microporosidade | 31 |
| 4.2 | Componentes de rendimento na soja..... | 32 |
| 4.2.1 | Altura de planta (cm)..... | 32 |
| 4.2.2 | Massa de 100 grãos (g) | 33 |
| 4.2.3 | Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹) | 33 |
| 5- | CONCLUSÃO..... | 36 |
| 6- | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 37 |

1- INTRODUÇÃO

Além do fator econômico e rentável da lavoura, os agricultores estão se preocupando com o fator ambiental, especialmente com a adoção de práticas conservacionistas, que preservam os recursos naturais, objetivando a sustentabilidade agrícola.

No sistema plantio direto (SPD), a forma incorreta de se utilizar o solo e a sua exploração excessiva resultam na degradação do mesmo. Isso traz como consequência a inaptidão agrícola, ou seja, a escassez dos nutrientes para o perfeito desenvolvimento do vegetal.

O uso de plantas de cobertura do solo no SPD tem como principal função contribuir para o aumento dos nutrientes e da matéria orgânica do solo, conseqüentemente com o uso dessas plantas a degradação do solo e a erosão hídrica são retardados. Porém, ainda em algumas propriedades rurais se observa a deficiência da cobertura do solo, um dos elementos fundamentais deste sistema de manejo.

A densidade da cobertura vegetal sobre o solo é de grande importância, pois a mesma influencia de forma positiva na preservação das características físicas, químicas e biológicas do solo, assim, a cultura seguinte, poderá expressar o seu máximo potencial.

A capacidade dessas plantas de cobertura em produzir resíduo no solo em grande quantidade e de boa qualidade é influenciada basicamente por três fatores; manejo que lhe é dado, sistema adotado e variedade da planta.

Após a decomposição dos resíduos vegetais, ocorre a formação da matéria orgânica do solo, esta, formada por vários compostos; carbono, minerais, resíduos vegetais e animais. A matéria orgânica possui um papel fundamental ao solo e as culturas, pois fornece os nutrientes para o seu crescimento e desenvolvimento, e apresenta cargas de superfície que contribuem para o aumento da capacidade de troca de cátions (CTC) do solo, devido sua alta reatividade regula e disponibiliza vários nutrientes.

Na matéria orgânica encontra-se o nitrogênio (N), que é exigido em alta quantidade pelas plantas, e é considerado um dos nutrientes mais dinâmicos no SPD. A grande quantidade de N (90 %) se encontra na fração orgânica do solo, já a outra parcela do nitrogênio se encontra na fração inorgânica, nesta fração o nitrogênio é encontrado de duas formas, nítrica (NO_3^-) e amoniacal (NH_4^+). Apesar de representarem uma pequena parcela do N total, são de extrema importância para o vegetal, pois são nessas formas, que o N é absorvido e assimilado pela planta.

O nitrogênio é de grande importância para a produção da clorofila, respectivamente ele se torna fundamental para o processo de fotossíntese. Com a falta de nitrogênio este processo é afetado, ou seja, a planta precisa de nitrogênio para utilizar a luz do sol como fonte de energia para realizar fotossíntese e outras funções essenciais, como a absorção de nutrientes.

O nitrogênio é um componente das vitaminas e do sistema enzimático das plantas, ele está presente nos aminoácidos, os quais formam as proteínas. Na cultura da soja o N é fundamental na produção de grãos. Estima-se que para produzir 1.000 kg ha^{-1} de grãos, sejam necessários 51 kg de N, e ainda pelo menos 32 kg de N para as folhas, caule e raízes (EMBRAPA, 2011).

Nos últimos anos, têm surgido comentários sobre uma eventual necessidade de complementar a adubação da soja com fertilizantes nitrogenados. Atualmente a principal forma de disponibilizar nitrogênio para a soja é por meio da fixação biológica. Porém sabe-se que a soja exporta uma grande quantidade deste elemento do solo, conseqüentemente caso o fornecimento não seja adequado, logo haverá seu esgotamento no solo. Com isso, se faz necessário realizar estudos com diferentes doses e épocas de aplicação de fertilizantes nitrogenados, visando a obtenção de um incremento na produtividade da soja.

Este trabalho tem por objetivo avaliar as implicações do cultivo de duas espécies de cobertura do solo, manejadas no SPD, e quatro doses de N no desenvolvimento e rendimento de grãos da soja.

2- REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O sistema conservacionista plantio direto (SPD)

O SPD foi introduzido no Brasil na década de 70, no sul do país por produtores paranaenses, no início o principal objetivo do sistema era de controlar a erosão hídrica. Com o passar do tempo muitos estudos foram realizados e o sistema ganhou visibilidade e credibilidade por parte dos agricultores (CRUZ, 2009).

Essa forma de manejo do solo revolucionou a agricultura brasileira e hoje é utilizada em pelo menos 80 % das áreas agrícolas brasileiras (MOTTER e ALMEIDA, 2015).

O SPD é uma técnica ambientalmente correta e reconhecida no mundo todo como sustentável, pois contribui para o sequestro de carbono, incrementa a biodiversidade do solo e atua de forma positiva no ciclo hidrológico (HICKMANN et al., 2012; MOTTER e ALMEIDA, 2015). A adoção do SPD requer cuidados na sua implantação, após ser estabelecido os seus benefícios se estendem não apenas ao solo, mas também ao rendimento das culturas. Atuando como um agente que reduz a erosão, o plantio direto, reduz o potencial de contaminação do meio ambiente, e dá ao produtor rural uma maior garantia de renda, pois a estabilidade da produção é ampliada, em comparação a outras alternativas de manejo do solo (BATEY, 2009; JIN et al., 2011).

O maior desafio na agricultura moderna é de encontrar sistemas de gestão que proporcionam ganhos positivos no âmbito ambiental (SILVA, 2014). Porém, para que o SPD possa se manter sustentável, principalmente em regiões tropicais e subtropicais, é indispensável que a palhada seja mantida sobre a superfície do solo de forma permanente (GUARESCHI et al., 2012; SORATTO et al., 2012; LIMA et al., 2013).

2.2 Benefícios da rotação de culturas

Pode se dizer que durante muito tempo a atividade agrícola explorou os recursos naturais, através do cultivo único ou monocultivo. Essa forma de cultivo ao longo do tempo promove alterações negativas para o sistema produtivo, alterações estas como; diminuição da produtividade, aumento das condições favoráveis para o desenvolvimento de pragas, doenças e plantas daninhas, perdas por erosão e desequilíbrio ambiental (GONÇALVES et al., 2007).

A rotação de culturas tem como princípio a alternância de diferentes espécies, em determinado tempo, na mesma área e na mesma estação do ano. Preferencialmente as culturas selecionadas para se enquadrar na rotação devem possuir sistemas radiculares diferentes (gramíneas e leguminosas) com isso cada espécie deixará um efeito residual para o solo e para a cultura sucessora. A variabilidade de plantas é o principal fundamento da rotação de culturas, através desse conceito o agricultor atingirá a rentabilidade e a estabilidade de sua lavoura. Culturas anuais produtoras de grãos, associadas a culturas de cobertura do solo, se englobam em um adequado e promissor sistema de produção agrícola (GONÇALVES et al., 2007; FRANCHINI et al., 2011).

As plantas que compõem o sistema de rotação de culturas devem possuir algumas características desejáveis como; produção de cobertura do solo elevada, diminuição das oscilações de temperatura do solo, aumento da matéria orgânica, controle de processos erosivos, redução da perda de água do solo por evapotranspiração, redução da incidência de pragas e doenças, permitir a diversificação de princípios ativos e mecanismos de ação dos herbicidas, fungicidas e inseticidas, ciclagem de nutrientes e fixação de nitrogênio. Por meio dessas características as plantas utilizadas nesse sistema contribuem de forma positiva para a racionalização dos insumos agrícolas e a estabilidade da produção (ARGENTA et al., 2001; OLIVEIRA et al., 2002; FRANCHINI et al., 2011).

No estado do Paraná de forma geral são utilizados dois sistemas de produção, rotação e sucessão de culturas, com o predomínio de soja no verão e de trigo no inverno para a metade sul e sudoeste (região subtropical) e de soja no verão e de milho safrinha no inverno nas regiões norte e oeste do Estado (região de transição climática). Essa divisão é determinada pelo zoneamento climático das

culturas, que é baseado em fatores como a precipitação pluviométrica, a evapotranspiração potencial, a capacidade de água disponível do solo e a probabilidade de ocorrência de baixas temperaturas durante a fase reprodutiva das culturas de inverno (EMBRAPA, 2012). Apesar do predomínio desses dois sistemas, nos últimos anos, os sistemas de produção de grãos têm apresentado, em média, 78 % de soja, 16 % de milho e 6 % de feijão no verão, e 21 % de trigo e 24 % de milho safrinha no inverno. O restante da área de inverno é ocupada por aveia para cobertura (25 %), pousio e outras plantas de cobertura (25 %), e outras culturas de inverno, como cevada, triticale, canola e girassol (5 %) (DERAL, 2010).

Porém é correto dizer que existem diversos fatores que influenciam no crescimento e desenvolvimento das plantas, isso faz com que seja complexo definir um sistema mais favorável em termos de produtividade e estabilidade de produção, fatores externos como; precipitação pluviométrica, temperatura, incidência solar, agem de forma pontual, no entanto são visíveis os benefícios do sistema rotação de culturas, este manejo de forma inteligente só traz resultados benéficos à lavoura (GONÇALVES et al., 2007; EMBRAPA, 2012).

2.3 Finalidades das coberturas do solo

As plantas de cobertura do solo possuem papel fundamental na agricultura, através da sua implantação e manejo, ocorre à diversidade e estabilidade do sistema plantio direto. Recursos como água e nutrientes são utilizadas de forma racionais, conseqüentemente proporcionando um ganho para o próprio sistema no âmbito da fertilidade do solo, pois através desses cultivos há o aumento do teor de matéria orgânica e a ciclagem de nutrientes, sem contar na melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, que será afetada de forma positiva pelo uso dessas culturas (MORO et al., 2013; ARAUJO et al., 2015).

Comumente chamadas de adubos verdes, plantas protetoras e plantas melhoradoras, as plantas de cobertura do solo são cultivadas com a finalidade principal de cobrir o solo. Posteriormente os seus resíduos são depositados protegendo o solo do impacto da chuva e com a sua decomposição há liberação de nutrientes para as culturas seguintes (EMBRAPA, 2011).

Segundo Capeche et al. (2008), os benefícios das plantas de cobertura do solo podem ser ainda complementados, como na manutenção de elevadas taxas de infiltração de água pelo efeito combinado do sistema radicular e da cobertura do solo, promoverem grande e contínuo aporte de massa vegetal ao solo, de maneira a manter, ou até mesmo elevar o teor de matéria orgânica do meio.

O conceito sobre plantas de cobertura do solo está mudando. Pensava-se apenas em plantas que produziam matéria seca em abundância, porém através de estudos observa-se que os resultados obtidos através da implantação dessa prática, vão além disso, como, melhorias nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, aumento da eficiência dos fertilizantes, diminuição de variações de temperatura do solo, grande efeito de proteção do solo do das gotas de chuva e da ação do vento (ALBUQUERQUE et al. 2013).

A escolha de determinada espécie para tal finalidade depende de algumas características como, rusticidade e agressividade, alto potencial de fitomassa e capacidade de absorver e acumular nutrientes, que poderão trazer resultados benéficos ao sistema solo-planta (SOUZA; GUIMARÃES 2013).

ROSSETTI et al. (2012), constataram que, com o uso de plantas de cobertura houve melhorias nos atributos físicos da camada superficial do solo e aumentos consideráveis nos teores de matéria orgânica.

Quando o produtor opta em cultivar as plantas de coberturas, elas entram em áreas que seriam destinadas aos pousios ou antecedendo as culturas comerciais (WOLSCHICK 2014). Porém, para que haja o sucesso no emprego dessas plantas, é preciso ter conhecimento da espécie a ser utilizada, condições edafoclimáticas da região onde será cultivada e a finalidade do plantio (RIZZARDI et al. 2006).

2.3.1 A cultura da aveia preta

A aveia é uma gramínea anual, pertencente à família *Poaceae*, tribo *Aveneae* e gênero *Avena*. Por ser da família das *Poaceae*s, uma de suas características é se desenvolver rapidamente e auxiliar no controle de plantas daninhas e na erosão do solo. Alguns pesquisadores relatam que a aveia preta é de origem do Oriente Médio, porém a origem exata se perdeu na antiguidade (ARRUDA, 2011; PEREIRA et al., 2011).

A época do plantio da aveia preta é entre os meses de março a maio. Utiliza-se em torno de 70 a 80 kg ha⁻¹ de sementes. A duração do seu ciclo após o plantio é de aproximadamente 125 a 155 dias. A aveia preta pode chegar a uma altura de 1,5 m e a profundidade de suas raízes a 2 m. Após a sua senescência o nitrogênio é encontrado em sua biomassa, aproximadamente 70 kg ha⁻¹ de N (SARTORI et al., 2011).

A aveia preta é um dos cereais de inverno mais utilizados da agricultura brasileira. O seu destino de produção varia de formação de pastagens para posteriormente servir de alimento para os animais (Faturi et al., 2003; Macari et al., 2006; Schuch et al., 2008) e, por possuir alta capacidade de produção de matéria seca, é utilizada como planta de cobertura do solo, no SPD. Este cereal desempenha um papel crucial no SPD. Sua capacidade de produção de palhada é elevada, consequentemente a relação carbono/nitrogênio é alta e com isso a velocidade de decomposição é baixa, fazendo com que o solo fique coberto pela palhada por um período maior (FEDERIZZI et al., 2005; BARROS, 2013).

O cultivo da aveia preta para a cobertura do solo é de grande importância para o sucesso do SPD. O sucesso do cultivo da aveia no SPD requer um conjunto de fatores que antecedem a implantação da cultura na lavoura, como planejamento da área, correção da acidez do solo, descompactação do solo, planejamento de um sistema de rotação de culturas e o manejo dos restos culturais da cultura anterior (FEDERIZZI et al., 2005).

Um dos fatores que alavancaram o uso da cultura da aveia foi a sua grande variabilidade genética e o melhoramento genético de plantas, pois a cultura é adaptada a diferentes regiões edafoclimáticas. Por ser uma cultura de inverno, no sul do Brasil normalmente a sua implantação na lavoura antecede as culturas de grande interesse econômico, como, milho e soja (SILVEIRA et al., 2010; SARTORI et al., 2011).

2.3.2 A cultura da ervilha forrageira

Pesquisadores acreditam que a origem da ervilha forrageira (*Pisum sativum* L.) foi no Oriente Médio. A cultura se dissipou pelo mundo e é cultivada em vários continentes. A ervilha forrageira (*Pisum sativum* L.) pertence à família das

leguminosas, atualmente o seu plantio é indicado para a alimentação animal, adubação verde e cobertura do solo (WUTKE, 2006; FILHO et al., 2015).

No sul do Brasil, o seu cultivo teve início na cidade de Vitorino-PR, nos anos de 1985 e 1986 pelo programa de propagação vegetal (PPV) conduzido pelo Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) com a multiplicação e difusão das sementes de ervilha forrageira, e posteriormente o lançamento da primeira cultivar da região, IAPAR 83 (CALEGARI; POLA, 2007).

Normalmente seu plantio é realizado nas estações de outono e inverno, podendo ser manejada de forma única, ou consorciada com aveia, nabo, tremoço, centeio e entre outras. Como a maioria das áreas cultivadas do Brasil são manejadas no SPD, a ervilha forrageira é muito utilizada na rotação de culturas (CALEGARI; POLA, 2007; MOTTER e ALMEIDA, 2015).

A ervilha forrageira é uma planta que expressa seu máximo potencial em regiões de clima temperado, podendo se desenvolver de igual modo em climas subtropicais. Possui certa rusticidade, apresentando um crescimento inicial muito rápido se destacando como cobertura de solo (DERPSCH; CALEGARI, 1992). Apresenta altura de 0,6 a 0,8 m, suas raízes atingem uma profundidade de 0,45 a 1m, o seu habito de crescimento é o indeterminado, o pleno florescimento de 90 a 100 dias e o ciclo de 150 a 160 dias (CALEGARI; POLA, 2007; SARTORI et al., 2011).

No pleno florescimento, pode ser manejada com rolo-faca ou aplicações de herbicidas (FILHO et al., 2015). A produção de grãos da ervilha forrageira é em torno de 2.500 kg ha⁻¹. O peso de 1.000 sementes varia de 90 a 125 g. Em solos de textura argilosa o seu desenvolvimento é bom, porém a planta prefere solos arenosos ou francos, pois são mais drenados e soltos, facilitando o desenvolvimento radicular. (CALEGARI; POLA, 2007).

2.4 Ciclagem de nutrientes

Com o manejo das plantas de cobertura quantidades consideráveis de nutrientes voltam ao solo e posteriormente são absorvidas pelas culturas seguintes (DUDA et al., 2003; SORATTO et al., 2012). Esta técnica reduz quantidades de insumos que seriam aplicados, fazendo com que o produtor tenha mais rentabilidade

em sua lavoura. Uma grande quantidade de nutrientes é encontrado nos resíduos culturais. A disponibilidade dos mesmos para as culturas instaladas pode ser rápida e intensa ou lenta e gradativa, fatores como, temperatura, precipitação pluviométrica, macro e microbiologia do solo, influenciam de forma contundente a ciclagem dos nutrientes (CRUSCIOL et al., 2008; TEIXEIRA, 2010; TEIXEIRA et al., 2012).

Boer et al. (2007), avaliaram a ciclagem de nutrientes em solo do Cerrado utilizando amaranto (*Amaranthus cruentus* L.), milho (*Pennisetum glaucum*) e capim-pé-de-galinha (*Eleusine indica* L.) semeados na entressafra e constataram que a maioria dos nutrientes são liberados de forma lenta para o aproveitamento das culturas seguintes, em razão da acelerada decomposição dos resíduos vegetais. Para compensar essa defasagem torna-se necessário o uso de técnicas que aumentem o acúmulo de palhada por parte das plantas de cobertura (KLIEMANN et al., 2006), sincronizando a decomposição com a taxa de liberação dos nutrientes e a demanda das culturas anuais semeadas em rotação ou sucessão (GAMARODRIGUES et al., 2007). Uma vez que, quanto maior a relação C/N, mais recalcitrante é o material, ou seja, mais difícil é sua degradação (BAYER et al., 2006)

O conhecimento da dinâmica de liberação dos nutrientes é fundamental para que se possa compatibilizar a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo, contribuindo assim para a manutenção da umidade e fertilidade do solo (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2015).

2.5 Nitrogênio

2.5.1 O nitrogênio e suas funções nas plantas

O nitrogênio (N) é essencial para o perfeito crescimento e desenvolvimento das plantas. Ele está presente em todas as partes do vegetal, da raiz até as folhas (BAHRY et al., 2013). O conhecimento do manejo da adubação nitrogenada beneficia não só as plantas, mas todo o meio ambiente (BITTENCOURT, 2009). As plantas normalmente absorvem e transportam grande parte do nitrogênio através de duas formas, amônio (NH_4^+) e nitrato (NO_3^-) (TAIZ; ZEIGER, 2010).

A maioria das plantas absorve e assimila a maior parte do nitrogênio na forma de nitrato (NO_3^-), (MARSCHNER, 1995; TAIZ; ZEIGER, 2010). Porém pesquisadores relatam que quantidades substanciais de amônio (NH_4^+) são utilizados pelas culturas quando estão presentes no solo (TAIZ; ZEIGER, 1998; CRUZ et al., 2006).

O nitrogênio é necessário para a produção da clorofila. sua molécula clorofila está ligada a fotossíntese, conseqüentemente sua falta afetará o processo fotossintético. Isso significa que a planta terá dificuldades para utilizar a luz do sol como fonte de energia, afetando funções como absorção de nutrientes. Ele é um componente presente nas vitaminas, sistema enzimático e nos aminoácidos, os quais posteriormente formam as proteínas. Com isso pode se dizer que o nitrogênio é responsável direto pelo aumento do teor de proteínas das plantas (CRUZ et al., 2006).

2.5.2 Origem

Uma quantidade mínima de nitrogênio é originária dos minerais. A grande quantidade de nitrogênio que está no solo é proveniente da atmosfera terrestre, a qual contém um suprimento quase ilimitado desse elemento. Aproximadamente 80 % do ar que respiramos é composto por nitrogênio. Cada hectare da superfície da terra é coberto por 84 toneladas desse elemento, porém, mesmo sendo tão presente, ele é um gás inerte, ou seja, precisa ser combinado com outros elementos para posteriormente ser metabolizado pelas plantas (MALAVOLTA, 1980).

No solo o nitrogênio é encontrado de três formas: nitrogênio orgânico, oriundo da parte orgânica do solo, não disponível para as plantas, nitrogênio amoniacal, oriundo dos minerais argilosos presentes no solo é disponibilizado para as plantas de forma gradual e lenta e por fim, nitrogênio inorgânico ou compostos solúveis de origem dos íons de amônio e nitrato, nesta forma o nitrogênio está prontamente disponível para ser utilizado pelas plantas (MALAVOLTA, 1980; SÁ, 1999).

2.5.3 Mineralização e imobilização do nitrogênio

O solo contém uma grande quantidade de nitrogênio na forma não disponível (orgânica) e uma pequena quantidade na forma disponível (inorgânica) para o uso das plantas. O nitrogênio orgânico pode chegar até 98 % do nitrogênio total contido no solo, já o nitrogênio inorgânico representa uma pequena porção 2 % (LOPES, 1998; FAGERIA et al., 2011).

O processo da transformação do nitrogênio orgânico em inorgânico é chamado de mineralização (HUTCHISON; WALWORTH, 2007). Este processo ocorre quando os microrganismos decompõem materiais orgânicos para o seu suprimento de energia. Com a decomposição da matéria orgânica os microrganismos usam a energia liberada mais uma parte dos nutrientes contidos nela. Quando os microrganismos utilizarem todos os nutrientes de que necessitam, o excesso do nitrogênio é liberado na forma inorgânica no solo, nesta forma as plantas podem utilizar o mesmo para os seus processos metabólicos.

O nitrogênio pode ser convertido da forma inorgânica para a orgânica, este processo é chamado de imobilização do nitrogênio, ele é reverso ao processo de mineralização. Para que ocorra a decomposição do material, é preciso uma demanda grande de energia. Assim os microrganismos necessitam de nitrogênio para elaborar proteínas para os tecidos de seus corpos. À medida que os resíduos sejam relativamente ricos em nitrogênio, os microrganismos retiram o nitrogênio inorgânico do solo para obter o que precisam. Assim o nitrogênio inorgânico presente no solo é convertido em nitrogênio orgânico nas proteínas dos microrganismos, não estando assim disponível para as plantas (HUTCHISON; WALWORTH, 2007).

A mineralização e a imobilização ocorrem simultaneamente no solo. Alguns fatores como, temperatura, umidade, textura, pH, material que está sendo decomposto, atividade microbiana e disponibilidade de nitrogênio inorgânico, influenciam diretamente a direção de qual processo será realizado (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Quando resíduos adicionados ao solo possuem relação (C/N) baixa (20:1) favorecem a mineralização, já matérias com alta relação (C/N) acima (30:1) favorecem a imobilização (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

2.5.4 Nitrificação e desnitrificação

Através do processo de decomposição da matéria orgânica (mineralização) ocorre a formação da amônia (NH_4^+), resultado este obtido através da fragmentação de proteínas, aminoácidos, e outros compostos. A transformação dessas substâncias em amônia é chamado de amonificação (LOPES, 1998; VITTI et al., 2008).

Em condições propícias para o perfeito desenvolvimento das plantas, grande parte desse nitrogênio que esta na forma de amônio é transformado em nitrato (NO_3^-), este processo por sua vez é chamado de nitrificação, e ocorre através de bactérias nitrificadoras (AITA et al., 2007).

Este processo é fundamental para as plantas. Na forma de nitrato (NO_3^-) o nitrogênio passa a ser prontamente disponível para as plantas e microrganismos (TEIXEIRA, 2006). Os nitratos possuem alta mobilidade no solo, e se movimentam livremente com a água do solo, porém, nessa forma, o nitrogênio é facilmente perdido para as camadas mais profundas.

Outra forma comum de se perder o nitrato é através da desnitrificação, processo pelo qual os nitratos são reduzidos a óxidos nitrosos (N_2O) ou nitrogênio elementar (N) e posteriormente são levados para a atmosfera na forma de um gás (ROCHETTE et al., 2004; SANTOS et al., 2016).

O processo de desnitrificação ocorre normalmente em solos com alto teor de matéria orgânica, que permanecem por um período prolongado de alagamento, ou seja, sem a presença de oxigênio (O_2) (FANTE et al., 2010). Algumas condições ambientais influenciam os processos de nitrificação e desnitrificação (DENDOOVEN et al., 1998; LOPES, 1998; AITA et al., 2007):

Umidade: As bactérias nitrificadoras se tornam inativas em solos sob condição de alagamento, os solos encharcados não contém um sua composição, uma quantia considerável de oxigênio para suprir a demandas das bactérias nitrificadoras, conseqüentemente pouco nitrato será produzido, logo os teores de nitrogênio do solo se escassearão (DENDOOVEN et al., 1998; AITA et al., 2007).
Temperatura: A nitrificação se inicia lentamente acima da temperatura de

congelamento, vai aumentando a medida que a temperatura do solo aumenta, até 30°C. Acima de 30°C a velocidade decresce. Aeração: Para que ocorra o processo de nitrificação, o solo deve conter oxigênio. Solos bem drenados têm mais oxigênio e isso acelera o processo de nitrificação, isso ocorre através da drenagem e o movimento do ar entre o solo e a atmosfera. pH: Em solos ácidos a taxa de nitrificação geralmente é baixa, em solos alcalinos a nitrificação ocorre de forma intensa, numa amplitude de pH de 4,5 a 10,0, o pH ótimo para o processo de nitrificação é de 8,5. Resíduos: ocorre o processo reverso, desnitrificação, quando as bactérias oxidam resíduos orgânicos com alta relação (C/N). Grandes quantidades de resíduos associados com baixo teor de oxigênio aumentam as taxas de desnitrificação (DENDOOVEN et al., 1998; LOPES, 1998; AITA et al., 2007).

2.5.5 Estabilizando o nitrogênio no solo

Infelizmente todas as principais fontes nitrogenadas comercializadas, são altamente solúveis no solo. Não diferente disso, as fontes orgânicas, como, esterco, resíduos de culturas e de plantas de cobertura, a medida que vão se decompondo, vão liberando nitrogênio solúvel no solo. Isso faz com que o nitrogênio seja considerado um elemento muito dinâmico no solo (D'ANDREA et al., 2004, NASCENTE et al., 2011).

Se esse nitrogênio não for utilizado pelas culturas que estão em desenvolvimento, possivelmente ele se tornara nitrato (NO_3^-), nesta forma o nitrogênio está sujeito a ser perdido por erosão, lixiviação e desnitrificação (SANTOS et al., 2016). Diferente disso, na forma de amônio (NH_4^+) o amônio se torna estável no solo, sendo retido pela ctc.

Existem boas razões para manter o nitrogênio nesta forma. O nitrogênio amoniacal não é sujeito a lixiviação, ou seja, ele não é perdido para as camadas mais profundas do solo, nesta forma ele não sofre desnitrificação e alguma culturas produzem mais quando recebem uma mistura de (NO_3^-) e (NH_4^+) (LOPES, 1998).

Algo importante, em relação ao manejo dos fertilizantes nitrogenados, é a aplicação dos mesmos, com fontes e doses adequadas, nos momentos de maior demanda das culturas. Muitas vezes é difícil controlar todos esses fatores, porém,

através do uso de inibidores da nitrificação e com fontes nitrogenadas de liberação lenta, pode se aumentar, de modo significativo, a eficiência no uso do nitrogênio (VALDERRAMA et al., 2009; ABALOS et al., 2014).

2.5.6 Fixação do nitrogênio

Quando o nitrogênio atmosférico (N_2) combina-se com o hidrogênio (H) e o oxigênio (O) ocorre o processo chamado de fixação. Este processo pode se dar de três formas: biológica, natural e industrial (TAIZ; ZEIGER, 2010).

A fixação biológica pode ocorrer através de duas formas, simbiótica e não simbiótica. A fixação biológica simbiótica de nitrogênio, refere-se a interação entre microrganismos e plantas hospedeiras. Este processo beneficia ambas as partes. O exemplo mais conhecido é a associação entre a bactéria *rhizobium* e as raízes das plantas leguminosas. As leguminosas fornecem os carboidratos, que dão a bactérias energia para fixar o nitrogênio, que posteriormente será utilizado pela planta (BORGES; FARIA, 2012). Esta forma de fixação, simbiótica, é considerada a mais importante fonte de adição natural de nitrogênio ao solo, chegando a fixar 220 kg ha^{-1} de nitrogênio por ano (SOARES et al., 2006).

A fixação biológica não simbiótica, por sua vez é realizada por bactérias de vida livre no solo. A quantia de nitrogênio fixado por esses organismos é muito menor do que a quantia fixada simbioticamente. Pesquisas indicam que cerca de 20 kg ha^{-1} de nitrogênio são fixados anualmente por estes microrganismos. (LOPES, 1998).

A fixação natural ocorre na própria atmosfera. O calor gerado pelas descargas elétricas promove a reação do nitrogênio com o oxigênio. O resultado disso é a formação ($N-NO_3^-$). Com a ajuda da chuva esse nitrogênio chega ao solo, de 5 a 10 kg ha^{-1} de nitrogênio, são adicionados anualmente a partir desta forma (LOPES, 1998; COSTA, 2011).

A fixação industrial é realizada por indústrias de fertilizantes. Este modo de fixação é muito eficiente, pois já é realizado a fabricação dos fertilizantes nitrogenados, nas formas disponíveis de absorção das plantas (LOPES, 1998; COSTA, 2011).

O processo chave é a produção da amônia (NH_3), que é realizado a partir da síntese do nitrogênio (N_2) e do hidrogênio (H). O N_2 vem da atmosfera, já o H_2 é obtido do gás natural (LOPES, 1998).

2.5.7 Perdas de nitrogênio

Na colheita das culturas grandes quantidades de nitrogênio são retiradas do solo. A quantidade retirada varia em função da cultura e da sua produção. Uma pequena parcela de nitrogênio volta ao solo, através dos resíduos culturais, porém, uma grande quantidade é exportada pelas sementes e frutos. Sem dúvida a consequência disso é a diminuição dos níveis de nitrogênio no solo. (SISTI et al., 2004; DIEKOW et al., 2005; NUNES et al., 2011).

Existem outras formas de se perder o mesmo. Reação da amônia, quando se aplica nitrato de amônia ou sulfato de amônia na superfície do solo, seja estes alcalinos ou básicos, uma reação química pode causar a perda do nitrogênio na forma de um gás (NH_3). Esse processo é chamado de volatilização (SANGOI et al., 2003; ROCHETTE et al., 2009)

A quantidade de nitrogênio volatilizado após a aplicação superficial de fertilizantes nitrogenados é muito variável e depende de inúmeros fatores, incluindo condições climáticas e atributos relacionados com o solo (SANGOI et al., 2003; CANTARELLA et al., 2008; SANZCOBENA et al., 2008).

Na aplicação da uréia não é diferente, quando a temperatura e a umidade estão adequadas, e a enzima uréase está presente, após a aplicação da uréia a mesma se transforma em (NH_3) ou (NH_4^+), nestas formas, o nitrogênio pode ser perdido para a atmosfera por volatilização. Para que não ocorra isso, recomenda-se aplicar a uréia quando a temperatura ainda estiver baixa, fazer a incorporação da uréia ou irrigar. A água vai carregar o nitrogênio para dentro do solo, o mesmo não pode ser perdido por volatilização, porém, pode ser perdido por lixiviação (LARA CABEZAS et al., 1997; AITA., 2007).

2.5.8 Sintomas da deficiência e da superdose de nitrogênio nas plantas

Quando ocorre a deficiência de nitrogênio, ocorre uma clorose (amarelecimento) das folhas. Isto é ocasionado pela diminuição da clorofila. Este sintoma inicia-se nas folhas baixas ou mais velhas das plantas, posteriormente vai migrando para as folhas mais altas ou jovens à medida que a deficiência se torna mais severa (SANT'ANA et al., 2011; VIÉGAS et al., 2013).

A clorofila é responsável por iniciar o processo de fotossíntese. Através da clorofila ocorre a transformação do carbono, hidrogênio e oxigênio em açúcares simples. Estes açúcares e seus produtos serão responsáveis pelo crescimento da planta (LOPES, 1998).

Outra característica da deficiência de nitrogênio é o crescimento lento e tardio da planta. Culturas de pequenos grãos e gramíneas perfilham menos quando os níveis de nitrogênio não estão adequados (FAGERIA; BALIGAR, 2005).

É correto dizer que, o teor de nitrogênio afeta de forma negativa os níveis de proteína das sementes e das partes vegetativas da planta. Plantas com deficiência de nitrogênio atingem a maturidade fisiológica de forma precoce, devido a esse retardo em seu metabolismo (FANTE et al., 2010).

Por sua vez o excesso de nitrogênio causa na planta, um prolongamento da fase vegetativa e redução da produção de frutos e sementes, os mesmos com a qualidade inferior aos demais (LOPES, 1998).

2.6- A cultura da Soja

2.6.1 A importância econômica da soja

Diretamente a soja não é considerada um alimento básico para a população. Porém, possui um papel importantíssimo para o mundo. O seu grão é rico em proteína e óleo, cujos teores médios das plantas cultivadas no Brasil, podem chegar a 40 e 20 % respectivamente (BEZERRA et al., 2015).

Por possuir estas características positivas, houve um grande trabalho com o objetivo de desenvolver cultivares adaptadas aos climas tropicais e subtropicais, no país através destas mesmas cultivares. Houve-se a formação de um complexo industrial destinado ao seu processamento (SEDIYAMA; TEIXEIRA; BARROS, 2009; BEZERRA et al., 2015). Os produtos provenientes do processamento industrial podem ser utilizados de várias formas, como, alimentação humana, nutrição e produção de biodiesel (CÂMARA, 1998; FREITAS et al., 2001).

Os principais produtores de soja no mundo são os Estados Unidos, com 33 % da produção, Brasil com 31,01 % da produção e Argentina com 16,52 % da produção mundial da soja. Esses três países, são responsáveis por mais de 80 % da produção de soja no mundo (CONAB, 2017).

Um levantamento realizado pelo departamento de agricultura dos Estados Unidos (USDA) aponta que a safra mundial de soja em grãos 2017/18 será de aproximadamente 345,09 milhões de toneladas, valor este 1,90 menor que o estimado na safra 2016/17, que era de 313,26 milhões de toneladas. Esta redução é associada principalmente, por uma perspectiva de perdas nas produtividades das safras americana e brasileira. Com isso a produção brasileira deve ficar em torno de 107 milhões de toneladas (CONAB, 2017).

No Brasil os principais estados produtores na safra 2016/17 foram, Mato Grosso, com 26,8 % da produção (30,51 milhões de toneladas); Paraná, com 17,1 % da produção (19,53 milhões de toneladas); Rio Grande do Sul, com 16,4 % (18,71 milhões de toneladas); e Goiás, com 9,4 % (10,82 milhões de toneladas) (CONAB, 2017).

O Brasil possui cinco grandes setores do agronegócio: complexo soja, complexo sucroalcooleiro, café, produtos florestais e carnes. O complexo soja é o que se destaca só ele é responsável por 52,5 % das exportações (MAPA, 2017).

As exportações do complexo soja cresceram 12,6 % em relação a abril de 2016, com a cifra de US\$ 4,55 bilhões. A maior parcela desse valor foi gerada pelas exportações de soja em grãos, que alcançaram quantidade recorde para o mês de abril com 10,43 milhões de toneladas (+3,4 %), o que resultou em uma cifra de US\$ 3,95 bilhões (+11,8 %). Além disso, o preço médio do produto subiu 8,1 % no

período, passando de US\$ 350 para US\$ 378 por tonelada. O farelo de soja foi o segundo principal produto negociado pelo setor, com receita de US\$ 470,11 milhões (+4,0 %) para 1,33 milhão de toneladas embarcadas (-7,2 %) e preço médio no período de US\$ 354 por tonelada (+12,0 %). Já as vendas externas de óleo de soja totalizaram US\$ 134,10 milhões (+124,5 %), com alta no preço médio do produto (+8,2 %) e na quantidade comercializada (+107,6 %), com 181,34 mil toneladas (MAPA, 2017).

2.7 Nutrição mineral na soja

A soja (*Glycine max* L. Merrill), é a cultura de maior expressão econômica do Brasil, a sua grande expansão em todas as partes do país, se deu através da sua capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, em associação com a bactéria *bradyrhizobium japonicum* (FAGAN et al., 2007).

A cultura da soja está presente em todas as regiões do país, como já dito, ela é responsável pelo desempenho econômico agrícola do Brasil, porém, como qualquer outra cultura, a sua produtividade pode ser influenciada por diversos fatores, como: doenças, pragas, condições climáticas, fertilidade do solo, dentre outros (PESKE et al., 2009).

Segundo a Associação Nacional para Difusão de Adubos (ANDA, 2010), o Brasil é o quarto maior consumidor de fertilizantes do mundo, ficando atrás apenas de Estados Unidos, China e Índia, a cultura da soja é que mais consome fertilizantes no país, cerca de 35 % do total é destinado somente a soja.

Esse grande consumo de fertilizantes por parte da soja, está relacionado com a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros. Nas principais regiões de produção de soja no Brasil, os solos geralmente apresentam boa condição física, porém, são normalmente deficientes em nutrientes. Quando se faz uma comparação entre esses solos (latossolos) e o de outras regiões da América do Sul (ex: pampas argentinos) observa-se que não há estoque de nutrientes suficientes, para que ocorra o cultivo sucessivo da soja. Porém, nem todas as regiões são dessa forma, alguns solos do Paraná, podem suportar cerca de 3 a 5 safras da cultura da soja,

sem que haja uma adubação de reposição de nutrientes (OLIVEIRA JR et al., 2010; BENITES, 2012)

Desde 1976, até os dias de hoje, observa-se o grande salto de produtividade da cultura da soja, isso se deu através de pesquisas e trabalhos de ordem genética, controle de pragas e doenças e sobre tudo, o uso adequado e racional dos insumos agrícolas (BENITES, 2012). Sim, deve-se ressaltar o uso de práticas conservacionistas como, plantio direto, integração lavoura-pecuária, dentre outras, que através dessas práticas de conservação do meio ambiente, houve uma redução significativa das perdas de nutrientes, através da erosão e lixiviação.

Do ponto de vista agrícola, o nitrogênio é o elemento mais requerido pelas plantas, com isso a sua disponibilidade no solo tem relação direta com a produtividade da lavoura. (ALCANTARA; REIS, 2008).

O nitrogênio é o elemento mais requerido pela cultura da soja. Seus grãos são ricos em proteína, apresentando um teor médio de 6,5 % de nitrogênio. Estima-se que para produzir 1000 kg de grãos de soja, sejam precisos 83 kg de N (51 kg de N para os grãos, e os outros 32 kg, serão destinados para as demais partes da planta) (EMBRAPA, 2011). Conseqüentemente para se atingir a média brasileira estima para a safra 2017/18 de 3.080 kg (Conab 2017), sejam necessários 256 kg de N, assimilados pela planta.

Quando se fala em nitrogênio inorgânico, presente na matéria orgânica do solo sabe-se que ele é limitado, contem apenas uma pequena quantia no solo, por isso a principal fonte de nitrogênio para algumas culturas como a soja, é através da fixação biológica (FAGERIA et al. 2011).

2.7.2 Adubação nitrogenada na soja

Deninson e Harter (1995) relatam que a aplicação de adubos nitrogenados nas leguminosas pode causar efeito negativo na fixação biológica natural, afetando a disponibilidade de oxigênio para as bactérias. Já Stephens e Neyra (1983) afirmam que a aplicação mineral de nitrogênio limita entrada de carboidratos no metabolismo dos nódulos.

Outros pontos negativos são ressaltados pelos pesquisadores Deninson e Harter (1995), onde os mesmos relatam que o suprimento de nitrogênio, causa paralização da enzima nitrogenase, devido ao decréscimo da permeabilidade da membrana do nódulo ao oxigênio e pela redução da afinidade da leghemoglobina (proteína constituinte do complexo nitrogenase).

Alcantara e Reis (2008), sobre o metabolismo do carbono nos nódulos, afirmam que o aumento da capacidade fotossintética da planta e conseqüentemente dos fotoassimilados contribuem para o aumento da atividade da enzima nitrogenase e com isso ocorre uma maior eficiência da fixação biológica natural. Eficiência esta que os autores apontam que pode ser atingida com a seleção de cultivares e estirpes de rizóbios mais eficazes nos quesitos, produção e transporte de fotoassimilados e sem que haja aplicação de fertilizantes nitrogenados.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados na fase reprodutiva da soja, tem sido estudada, pois nesta fase ocorre a diminuição da atividade do rizóbio, e isso pode ser uma forma de complementar a fixação biológica natural (AMADO et al., 2010). Isso acontece porque no processo de simbiose ocorre a troca. O rizóbio recebe carboidrato e a planta nitrogênio. Porém a fase reprodutiva funciona como um dreno, e a planta envia as reservas de carboidratos para as flores e legumes, com isso os nódulos são prejudicados por falta dos mesmos.

Banry et al. (2013) trabalhando com ureia (45 % de N), testaram diferentes doses de N (0; 30; 60; 90; 120 kg ha⁻¹) em diferentes fases reprodutivas da soja. afirmaram que, mesmo com a aplicação de diferentes doses em diferentes fases, não obtiveram resultados significativos na produtividade da soja. Diferente foi o resultado encontrado por Lajus et al. (2015), onde o mesmo realizou um trabalho similar, com doses de N e observaram que, com a aplicação de 100 kg ha⁻¹ de N, a produtividade da soja foi de 5693 kg ha⁻¹, 330 kg ha⁻¹ a mais que a testemunha, sem aplicação de N.

Aratani et al (2008) trabalhando com diferentes épocas de aplicação de nitrogênio na soja na implantação do sistema plantio direto, afirmam que a adubação nitrogenada na soja, não prejudica a nodulação e nem interferiu na massa seca dos nódulos coletados na fase de florescimento da soja.

Já Giller e Wilson (1991), estudando a fixação de nitrogênio em sistemas de cultivo tropicais, afirmam que a concentração de nitrogênio capaz de causar dano à nodulação da planta, varia entre as espécies, porém, os mesmos declaram que a adição do nitrogênio reduz sim a massa dos nódulos.

Muitos agricultores têm dúvidas sobre a “dose de arranque”. Após a sua emergência, observa-se em suas folhas um amarelecimento, relacionado à deficiência de nitrogênio, esse amarelecimento ocorre quando as reservas de nitrogênio contidos na semente se acabam, neste mesmo período, a formação dos nódulos esta na fase final, e o processo de fixação biológica natural logo se iniciará. Sabe-se que esse período não ultrapassa três dias, não afetando, em absoluto o rendimento da soja (EMBRAPA, 1997).

Araújo e Carvalho (2006) relatam que, em alguns casos recomenda-se de 20 a 30 kg ha⁻¹ de N na semeadura, com a finalidade de disponibilizar N até o início da nodulação. Hungria et al. (2000) por sua vez, afirma que a adição de 20 kg ha⁻¹ de N na semeadura, resultou na diminuição de 14 % da nodulação e queda de 147 kg ha⁻¹ de grãos.

Mendes e Hungria (2000) relatam ainda que, em áreas de primeiro cultivo, onde a quantidade de bactérias fixadoras de N é baixa, ocorre um distúrbio negativo inicial da nodulação na soja, isso é devido ao uso de pequenas doses ou doses de “arranque” na semeadura.

Chueiri et al. (2005) e Marcante (2005) declaram que, o nitrogênio na forma mineral, aplicado como dose de arranque ou em outra fase reprodutiva da soja, tem se mostrado desnecessário, não contribuindo para o aumento significativo da produtividade da soja, e sim afetando de forma negativa a nodulação e a fixação biológica natural.

O processo de fixação de nitrogênio realizado pelas plantas é um processo que apresenta várias faces entre a bactéria e o hospedeiro (planta), sendo dispendioso para a planta e regulado por sinais químicos e hormonais, além de fatores externos como disponibilidade hídrica, teor de oxigênio e adubação nitrogenada (FAGAN et al., 2007). Porém os autores afirmam que é preciso um

estudo aprofundado sobre a questão da adubação nitrogenada, com o objetivo de encontrar o equilíbrio entre a fixação biológica natural e a adição mineral.

Tendo o conhecimento dos efeitos benéficos do uso de plantas de cobertura e sabendo que as aplicações de fertilizantes nitrogenados de origem mineral podem complementar a fixação biológica natural, e conseqüentemente elevar os rendimentos da soja este trabalho tem como objetivo investigar tal hipótese.

3- MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

A área experimental está localizada na Estação Experimental do Instituto Agrônômico do Paraná, no município de Santa Tereza do Oeste - PR, nas coordenadas 25° 04' 57,22" de latitude sul e 53° 35' 03,33" de longitude oeste e altitude média de 757 m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférico típico, de textura argilosa a muito argilosa, relevo suave-ondulado, substrato basalto (EMBRAPA, 2013).

3.2 Histórico da área

O estudo foi conduzido na safra de 2016/2017, em sistema de plantio direto, com a cultura da soja, sobre as coberturas vegetais de aveia e ervilha forrageira.

Em 2016, antes da implantação das culturas de inverno, foram retiradas amostras químicas de solo, na camada de 0-0,10 m. A análise química, apresentou as seguintes características: P = 11,7 mg dm⁻³; C = 33,5 g dm⁻³; pH CaCl₂ = 4,8; Ca = 4,9; Mg = 2,1 e K = 0,55 cmol_c dm⁻³ e V = 50 %.

3.3 Tratamentos e delineamento experimental

O delineamento empregado foi o e blocos ao acaso, em esquema de parcelas subdividas, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas pelas plantas de cobertura de inverno, ervilha forrageira e aveia preta e as sub-parcelas de doses de nitrogênio: 0, 25, 50, 75 e 100 kg ha⁻¹.

As unidades experimentais foram compostas de 9 linhas, de 5,1 m de comprimento, espaçadas 45 cm, totalizando 20,6 m². A área útil colhida foi formada por cinco linhas centrais, descartando-se 2,5 m das extremidades, totalizando 11,475 m².

3.4 Dessecação da área e semeadura da cultura de soja

A dessecação da área foi realizada no dia 28/09/16, quando as coberturas de aveia estavam na fase de enchimento de grãos e da ervilha forrageira na fase de produção de flores e vagens.

No manejo químico das espécies foi utilizado o herbicida sistêmico com o princípio ativo, glifosato, na proporção de 4,0 L ha⁻¹ + óleo mineral proveniente da destilação do petróleo na proporção de 0,3 L ha⁻¹.

A cultivar de soja foi a BMX Lança IPRO, tratada com os produtos químicos com os princípios ativos, carboxina 200g/l, tiram 200 g/l + imidacloprido 3 ml kg⁻¹ de sementes. A adubação de base foi realizada juntamente a semeadura, com aplicação de 300 kg ha⁻¹ do fertilizante NPK 04-30-10.

A semeadura da soja ocorreu no dia 21 de outubro de 2016, com uso de semeadora da marca Kuhn PDM PG 900, rodados articulados, linhas de plantio pantográficas, distribuição de sementes, discos alveolados, distribuição de adubo por rosca sem fim, sucador da semente com discos duplos defasados, limitadores e compactadores em “V” e sistema hidráulico com cilindro de dupla ação e adubos (9 linhas com 45 cm entre plantas). A emergência da soja ocorreu no dia 28 de outubro de 2016.

O adubo nitrogenado utilizado foi a ureia, a qual contém 46 % de nitrogênio em sua composição, a aplicação da ureia foi realizada de forma manual sem a incorporação, quando as plantas se encontravam no estágio V3, três nós formados.

O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi realizado de acordo com as recomendações técnicas da cultura.

3.5 Colheita da soja

A colheita da soja foi realizada no dia 08 de março de 2017 utilizando-se uma colhedora automotriz de parcelas, da marca Wintersteiger Seed Mech, modelo Nursery Master Elite. Para determinar a produtividade, a área útil de colheita foi formada pelas cinco linhas centrais, totalizando 11,475 m² de área colhida.

Os grãos colhidos foram encaminhados ao laboratório para limpeza, pesagem e determinação da umidade. Posteriormente, foi calculada a produtividade (kg ha^{-1}) corrigindo a 13 % de umidade, conforme as Regras de Análises de Sementes - RAS (BRASIL, 1992).

3.6 Coleta de solo

Um dia após a colheita, foi realizada a coleta das amostras físicas do solo, para as análises de densidade, microporosidade, macroporosidade e porosidade total do solo.

Na coleta, foram abertas trincheiras em cada parcela experimental e coletadas amostras indeformadas em anéis volumétricos de aço inox com volume de aproximadamente 98 cm^3 (5 cm de diâmetro e 5 cm de altura), em três camadas do solo (0-10, 10-20, 20-30 cm), com auxílio de martelo pedológico e extrator de solo.

Após isso, as amostras foram colocadas em latas de alumínio e transportadas para o Laboratório de Física do Solo da Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Campus de Cascavel.

As amostras foram colocadas em bandejas e saturadas com lâmina de água a 2/3 de sua altura por 24 horas. As amostras saturadas foram pesadas e alocadas em coluna de areia a 0,6 m.c.a na qual permaneceram por 4 dias drenando assim a água contida nos macroporos (REINERT; REICHERT, 2006).

O cálculo da porosidade total do solo foi obtido através da relação existente entre a densidade do solo e a densidade de partículas, conforme equação: $P_t = (1 - D_s)/D_p * 100$ onde o P_t é a porosidade total que é medido em (%) e o D_s é a densidade do solo medido em (Mg m^{-3}) e a D_p é a densidade de partículas medido em (Mg m^{-3}).

A microporosidade foi determinada pela equação: $\text{Micro} = (M_{su} - M_{ss})/M_{ss} * 100$, $\text{Micro} = \text{Microporosidade do solo (m}^3 \text{ m}^{-3})$; M_{su} ou P_a 0, 6 m.c.a = massa de solo após a tensão de 0,6 m.c.a (Mg); m_{ss} = massa de solo seco (Mg).

Assim, conhecendo a porosidade total e a microporosidade foi possível calcular a macroporosidade (CAMARGO et al., 2009), de acordo com a equação: $\text{Macro} = P_t - \text{Micro}$; $\text{Macro} = \text{macroporosidade do solo (m}^3 \text{ m}^{-3})$; $P_t = \text{porosidade total (m}^3 \text{ m}^{-3})$; $\text{Micro} = \text{microporosidade do solo (m}^3 \text{ m}^{-3})$.

Para calcular a densidade do solo, dividiu-se a massa das amostras secas a 105 °C pelo volume do anel volumétrico, conforme equação: $D_s = M_{ss}/V_t$, onde o D_s é a densidade do solo e o M_{ss} é a massa da amostra de solo seco a 105 °C e V_t é o volume total do anel.

3.7 Análise estatística

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância, em que, para os fatores de natureza quantitativa, realizou-se a análise de regressão e, para as características de caráter qualitativo, foi realizado o teste de Tukey ($p < 0,05$). As análises estatísticas foram realizadas, utilizando-se o programa Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2010).

4- RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Atributos físicos do solo

Na Tabela 1 são apresentados os valores médios dos atributos físicos do solo nas camadas 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,3 m nos tratamentos com duas espécies de cobertura, aveia e ervilha forrageira e quatro doses de nitrogênio.

Tabela 1. Valores médios dos atributos físicos do solo sob três profundidades, duas espécies de cobertura e quatro doses de nitrogênio (média de cinco repetições).

| Doses (kg ha ⁻¹) | Ds (Mg m ³) | | Pt (%) | | Macro (%) | | Micro (%) | |
|---------------------------------|----------------------------|---------|---------------------|---------|--------------|---------|--------------|---------|
| | Aveia | Ervilha | Aveia | Ervilha | Aveia | Ervilha | Aveia | Ervilha |
| Camada 0-0,1m | | | | | | | | |
| 0 | 1,16 | 1,11 | 54,77 | 56,47 | 8,84 | 11,68a | 45,84 | 44,79 |
| 25 | 1,16 | 1,13 | 54,47 | 55,92 | 8,68 | 9,11b | 47,91 | 46,80 |
| 50 | 1,14 | 1,17 | 55,47 | 54,38 | 10,43 | 8,45b | 45,03 | 45,92 |
| 75 | 1,15 | 1,15 | 55,03 | 55,24 | 8,96 | 7,88b | 46,09 | 47,36 |
| 100 | 1,16 | 1,13 | 54,53 | 55,90 | 9,50 | 8,90b | 45,03 | 46,99 |
| Média | 1,15 | 1,14 | 54,85 | 55,58 | 9,28 | 9,20 | 45,98 | 46,37 |
| DMS | 0,08 | 0,08 | 3,29 | 3,20 | 2,96 | 2,23 | 5,98 | 3,51 |
| CV (%) | 3,75 | 3,17 | 3,17 | 3,05 | 16,85 | 12,84 | 6,87 | 4,00 |
| Camada 0,1-0,2m | | | | | | | | |
| 0 | 1,15 | 1,11 | 56,38 | 57,92 | 14,20 | 13,86 | 42,18 | 44,55 |
| 25 | 1,13 | 1,15 | 57,27 | 56,36 | 14,69 | 13,01 | 42,57 | 43,34 |
| 50 | 1,16 | 1,14 | 56,10 | 57,01 | 13,95 | 13,59 | 42,14 | 43,41 |
| 75 | 1,17 | 1,12 | 55,74 | 57,55 | 14,17 | 13,31 | 41,57 | 44,24 |
| 100 | 1,19 | 1,15 | 54,98 | 56,53 | 13,49 | 12,95 | 41,49 | 43,60 |
| Média | 1,16 | 1,13 | 56,09 | 57,07 | 14,10 | 13,24 | 41,99 | 43,83 |
| DMS | 0,08 | 0,09 | 3,37 | 3,59 | 2,48 | 2,81 | 2,58 | 2,72 |
| CV (%) | 4,06 | 4,45 | 3,18 | 3,32 | 9,31 | 11,21 | 3,26 | 3,28 |
| Camada 0,2-0,3m | | | | | | | | |
| 0 | 1,10 ^{ab1} | 1,06 | 59,07 ^{ab} | 61,01 | 14,28 | 12,77 | 44,90 | 48,23 |
| 25 | 1,12 ^{ab} | 1,05 | 58,93 ^{ab} | 61,25 | 14,86 | 12,57 | 44,06 | 48,68 |
| 50 | 1,03 ^b | 1,09 | 62,15 ^a | 59,66 | 15,12 | 12,75 | 46,63 | 46,91 |
| 75 | 1,19 ^a | 1,07 | 56,04 ^b | 60,31 | 18,23 | 12,50 | 37,81 | 47,80 |
| 100 | 1,10 ^{ab} | 1,16 | 59,29 ^{ab} | 57,22 | 13,31 | 12,54 | 45,97 | 44,68 |
| Média | 1,11 | 1,08 | 59,09 | 59,89 | 15,16 | 12,62 | 43,87 | 47,26 |
| DMS | 0,15 | 0,13 | 5,55 | 5,10 | 9,37 | 4,01 | 13,85 | 5,29 |
| CV (%) | 7,15 | 6,77 | 4,97 | 4,50 | 32,65 | 16,79 | 16,69 | 5,91 |

¹ Médias de tratamentos seguidas por letras distintas na coluna diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

4.1.1 Densidade do solo (ds)

A densidade do solo (Ds) é a propriedade que permite inferir as condições de compactação do solo e conseqüentemente, inferir sobre o impedimento mecânico ao sistema radicular das plantas (GUARIZ et al., 2009).

A Ds varia através da natureza, dimensão, forma e disposição das partículas no solo, com o aumento da Ds ocorre no solo um novo arranjo e acomodamento das partículas do solo, isso prejudica o desenvolvimento das plantas, pois as mesmas terão que exercer mais força para o desenvolvimento de suas raízes, outro fator que é alterado com o aumento da Ds é a movimentação de água, nutrientes e oxigênio no solo (SILVA; BARROS; COSTA, 2006).

De acordo com os resultados encontrados na (Tabela 1), a densidade do solo nas camadas de 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 não apresentaram diferença significativa, já na camada 0,2 - 0,3 m para a cultura da aveia preta houve diferença significativa

Os valores calculados de coeficiente de variação para a densidade do solo foi de c.v. = 3,75 e 3,17 % na camada de 0,0 - 0,1 m, c.v. = 4,06 e 4,45 % na camada de 0,1 - 0,2 m e c.v. = 7,15 e 6,77 % na camada de 0,2 - 0,3 m.

Observa-se que a Ds apresentou valor médio $1,13 \text{ Mg m}^{-3}$ (Tabela 1.) percebe-se que todos os tratamentos em ambas as culturas obtiveram resultados próximos ao da media geral, na primeira camada do solo 0,0 – 0,1 m, devido a matéria orgânica, bioporos e raízes e através do revolvimento do solo por sulcadores das semeadoras, neste perfil o solo não apresenta compactação.

Já na camada seguinte de 0,1 – 0,2 m observa-se na (Tabela 1) uma pequena variação na dose de $100 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$, um aumento no tratamento com aveia em relação ao tratamento com ervilha forrageira, isso pode ser explicado pois os restos das raízes das culturas anteriores juntamente com as altas pressões exercidas pelas máquinas e implementos agrícolas promovem o aumento da densidade do solo.

Na última camada avaliada, 0,2 – 0,3 m, houve diferença significativa na cultura da aveia preta, na dose de $50 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ obteve-se a média de $1,03 \text{ Mg m}^{-3}$

esse valor pode estar relacionado a quantidade de bioporos presente nesta camada, já na dose de $75 \text{ kg ha}^{-1}\text{N}$ obteve-se a média de $1,19 \text{ Mg m}^{-3}$, esse valor está acima da média geral obtida pela cultura nesta camada, isso pode ser reflexo de um adensamento das partículas, porém deve-se destacar de forma positiva os valores médios de Ds desta camada que foram de 1,11 para a aveia preta e $1,08 \text{ Mg m}^{-3}$ para a ervilha forrageira.

Segundo Reichert et al. (2009) para solos argilosos o nível crítico de Ds é entre 1,25 a $1,35 \text{ Mg m}^{-3}$. Nestas condições os mesmos afirmam que o solo pode apresentar restrições ao crescimento radicular para culturas anuais, porém, para Souza et al. (2005) o valor de $1,40 \text{ Mg m}^{-3}$, é o valor limite para solos argilosos. Nestes experimentos, o valor obtido para a variável Ds se mostrou abaixo da considerado por Souza et al. (2005); Reichert et al. (2009).

4.1.2 Porosidade total (pt)

A porosidade total (Pt) segundo Reinert e Reichert (2006), é responsável por uma série de mecanismos de grande magnitude na física do solo. Eventos como retenção e fluxo de água e ar, estão associados a porosidade total (Pt).

De acordo com os resultados da (Tabela 1) para a Pt do solo nas camadas de 0,0 - 0,1; 0,1 - 0,2 m não apresentaram diferença significativa, já para a camada de 0,2 - 0,3 m houve diferença significativa na cultura da aveia preta.

Pode-se observar que os valores calculados de coeficiente de variação para porosidade total do solo foi de c.v. = 3,17 e 3,05 % na camada de 0,0 - 0,1 m; c.v. = 3,18 e 3,32 % na camada de 0,1- 0,2 m e c.v. = 4,97 e 4,50 % na camada de 0,2 - 0,3 m.

Observa-se que a Pt apresentou valor médio de 56,67 % na cultura da aveia preta e 57,51 % na cultura da ervilha forrageira (Tabela 1) e percebe-se que todas as camadas avaliadas obtiveram resultados próximos a média geral de cada cultura.

Isso demonstra que o solo está em um bom estado estrutural devido aos espaços porosos contidos nele. As médias das três camadas avaliadas estão acima

de 50%, valor este considerado ideal para Latossolos segundo Lima, Pilon e Lima (2007). Afirmção que corrobora com os resultados encontrados por Andrade e Stone (2009) onde os autores relatam que um solo deve apresentar no mínimo 50 % de porosidade total, para desempenhar da melhor forma suas funções na física do solo.

Segundo Secco (2005) a Pt apresenta relação inversa com a compactação, já a resistência a penetração do solo relação direta.

4.1.3 Macroporosidade

Os macroporos são os poros com tamanho maior ou igual a 0,05 m, comumente chamados de poros não capilares, pois não tem a função de armazenar água do solo. Porém, eles são os principais poros responsáveis pelos fluxos de água e gases no solo (Embrapa, 2003). Segundo Prevedello (1996) para que a planta tenha um bom desenvolvimento a macroporosidade do solo não deve ser menor que $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$.

Os valores médios de macroporosidade são apresentados na (Tabela 1). Segundo Prevedello (1996), Suzuki (2005) e Jong Van Lier (2010) afirmam que o valor crítico para o desenvolvimento dos cultivos agrícolas esta em torno de 10 %. Valores inferiores causam redução na produtividade das culturas.

Os valores médios encontrados nos presentes estudos foram de 9,28 e 9,20 % para a camada 0,0 – 0,1m, 14,10 e 13,24 % para a camada de 0,1 – 0,2 m e 15,16 e 12,62 % para a camada de 0,2 – 0,3 m. Observa-se que em ambas as culturas, apenas a camada superficial esta abaixo do valor considerado como critico.

Torres e Saraiva (1999), afirmam em seu estudo que os Latossolos do Paraná, quando são manejados de forma incorreta, têm por resultado final a compactação. Nestes casos a macroporosidade pode chegar a ser inferior a $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$. Suzuki (2005) relata que a produtividade da soja é afetada de forma significativa quando a macroporosidade está próxima a $0,05 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ aliada com uma alta densidade do solo (Ds).

Reichert et al. (2007) afirmam que os valores críticos de macroporosidade para o crescimento das plantas estão estabelecidos, ficando próximo a $0,10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$, porém, já para Gubiani (2012) esses valores ainda não estão fixados, pois solos manejados sob o sistema plantio direto e com ótima drenagem, os valores críticos de macroporosidade podem ser ainda menores.

Valores baixos de macroporosidade resultam em uma má drenagem, baixo fluxo de gases dentro do solo e uma maior resistência do solo a penetração de raízes, estas características segundo Stolf et al. (2005), indicam uma degradação do solo.

4.1.4 Microporosidade

A microporosidade ou porosidade capilar tem grande importância na relação solo-água-plantas, estes poros são responsáveis pela armazenagem e retenção de água no solo (SOUZA et al., 2010).

De acordo com os resultados encontrados (Tabela 1) a microporosidade do solo em ambas as culturas, nas camadas de 0,0 - 0,1, 0,1 - 0,2 e 0,2 - 0,3m não apresentaram diferença significativa.

Os valores médios encontrados nos presentes estudos foram de 45,98 e 46,37 % para a camada 0,0 – 0,1m, 41,99 e 43,83 % para a camada de 0,1 – 0,2 m e 43,87 e 47,26 % para a camada de 0,2 – 0,3 m. Observa-se que nenhuma das camadas está abaixo do valor considerado como crítico pelos pesquisadores.

Segundo Sanches (2012) o ideal para as camadas amostradas é entorno de 40 a 43 %, no presente estudo observou-se os valores acima dos valores considerados como crítico. Todos os valores encontrados sejam referentes a macroporos ou microporos, nenhum valor ultrapassa o limite crítico citado pelos autores, isso demonstra que o solo está sendo manejado de forma correta, o que conseqüentemente não apresentará limitações físicas ao desenvolvimento das culturas.

4.2 Componentes de rendimento na soja

Nas figuras 1, 2 e 3, são apresentados os valores médios dos fatores agrônômicos avaliados na cultura da soja, nos tratamentos com duas espécies de cobertura, aveia e ervilha forrageira e quatro doses de N: 25, 50, 75, 100 kg ha⁻¹.

4.2.1 Altura de planta (cm)

Através da análise de regressão foi possível observar (Figura 1) que não houve diferença significativa entre a variável altura de planta em função das doses de nitrogênio. Observa-se que a soja apresentou a mesma altura média de planta para ambas as espécies de cobertura do solo.

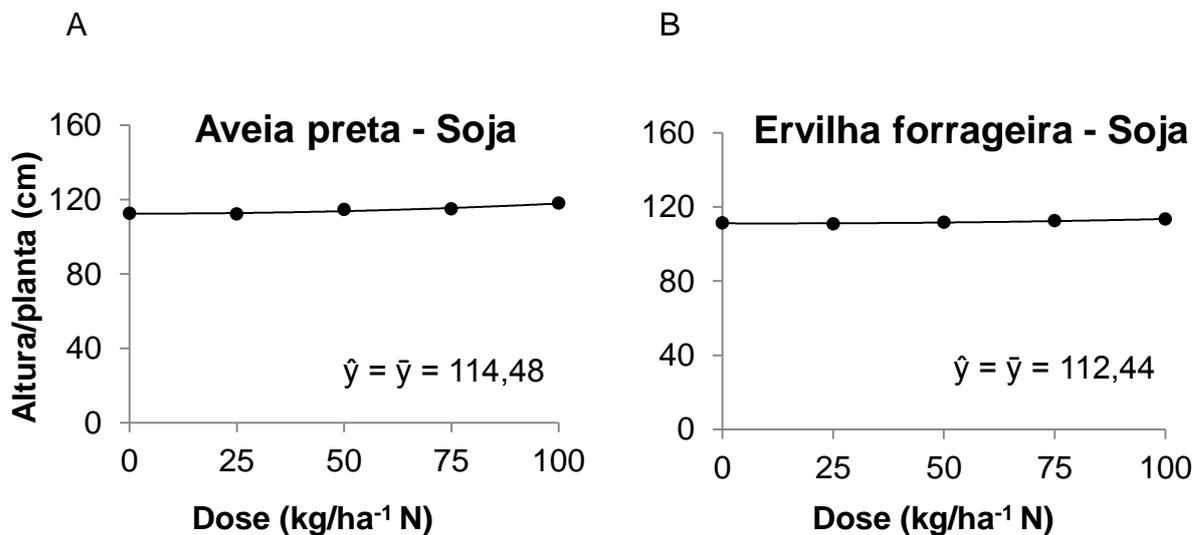


Figura 1. Altura das plantas de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio. (A = Aveia preta e B = Ervilha forrageira).

Estes resultados corroboram aos resultados encontrados por Lopes (1998), onde o mesmo relata que, quando há adição de nitrogênio acima do recomendado, a cultura tem sua fase vegetativa prolongada, e uma das características resultantes é o aumento da altura da planta.

A altura máxima atingida pela cultura da soja foi de 118 cm na dose de 100 kg ha⁻¹ N após o cultivo da aveia preta e 113 cm com a dose de 100 kg ha⁻¹ N, após o cultivo da ervilha forrageira.

4.2.2 Massa de 100 grãos (g)

Variações no peso de 100 grãos podem ser influenciadas pela cultivar que esta sendo utilizada e pela forma que esta sendo manejado o solo. Na (Figura 2) encontra-se os resultados da variável peso de 100 grãos (g), observa-se que o desempenho da soja nesta variável foi idêntico para ambas às culturas onde não houve diferença significativa.

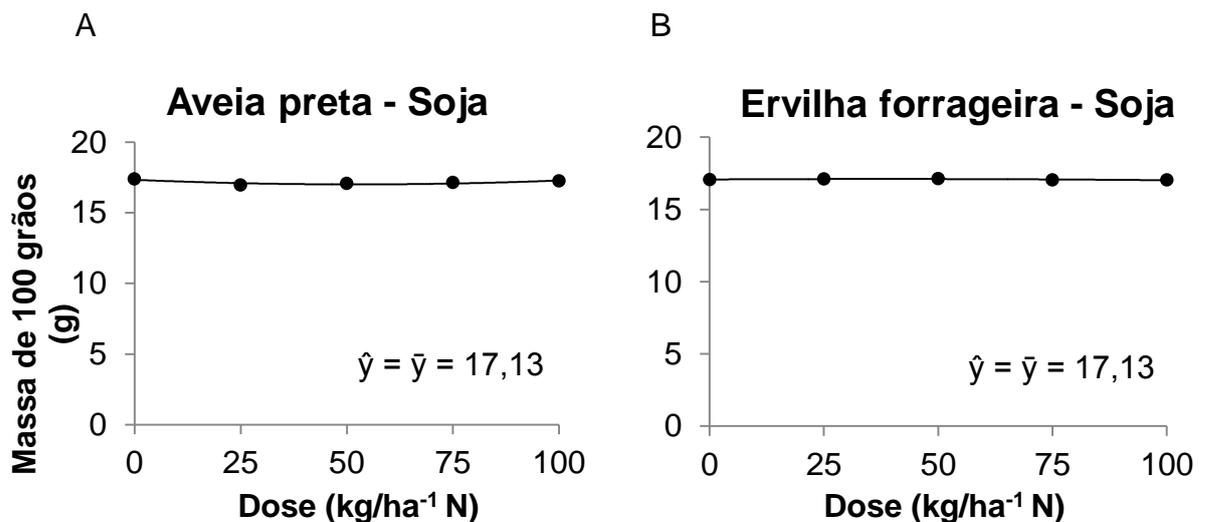


Figura 2. Massa de 100 grãos (g) de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio. (A = Aveia preta e B = Ervilha forrageira).

Observa-se que a testemunha, sem adição de nitrogênio, teve seu desempenho semelhante aos demais tratamentos, isso tanto para aveia quanto para ervilha forrageira, com a adição de doses N, a variável peso de 100 grãos não sofreu interferência.

Isso pode ser explicado pela fixação biológica de nitrogênio, Deninson e Harter (1995) afirmam que quando há adição de nitrogênio mineral através dos fertilizantes nitrogenados em leguminosas, o efeito pode ser negativo, inviabilizando a principal forma de adição do elemento no solo, que é através da fixação biológica.

4.2.3 Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)

A cultura da aveia preta tem por característica o alto potencial de palhada, porém, essa mesma palhada possui uma alta relação C/N, isso afeta a velocidade de decomposição da fitomassa. Essa decomposição lenta fará com que os

nutrientes contidos na matéria orgânica sejam liberados de forma lenta e gradual. Observa-se na (Figura 3) que a variável rendimento de grãos (kg ha^{-1}) na cultura da soja não teve diferença significativa entre as doses de nitrogênio.

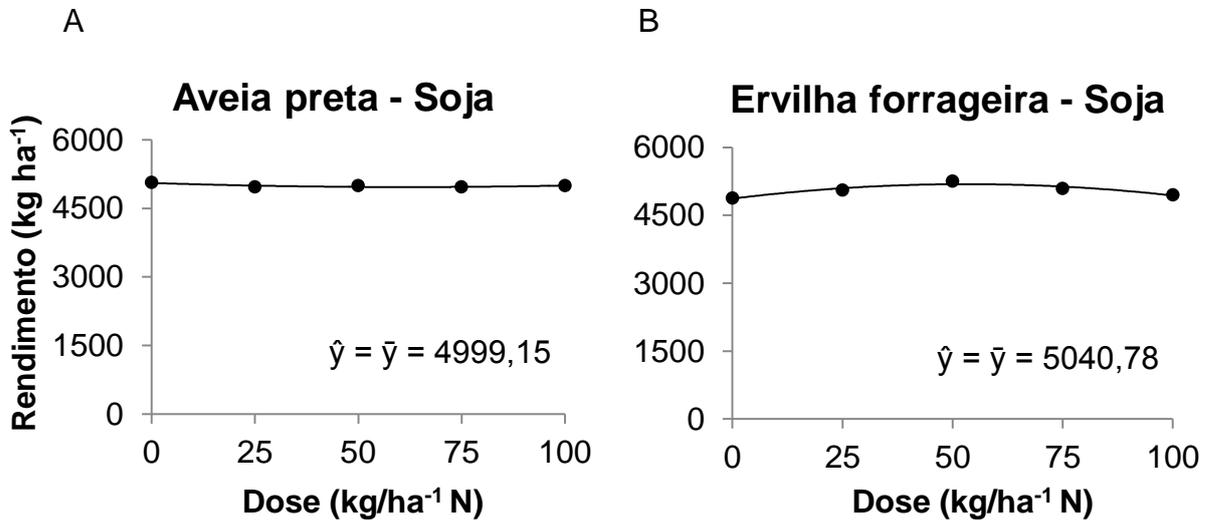


Figura 3. Rendimento (kg ha^{-1}) de soja, em função das plantas de coberturas e doses de nitrogênio. (A = Aveia preta e B = Ervilha forrageira).

A soja após o cultivo da aveia preta teve sua maior produtividade atingida através da testemunha, ou seja, sem a adição de nitrogênio mineral, a mesma atingiu a produção média de $5067,83 \text{ kg ha}^{-1}$, $68,68 \text{ kg ha}^{-1}$ acima da média obtida nos tratamentos, isso mostra que apenas o nitrogênio contido na matéria orgânica do solo foi capaz de suprir as necessidades da cultura.

Isso é similar aos resultados encontrados por Banry et al. (2013), onde os autores afirmam que, a aplicação de nitrogênio mineral na soja, em qualquer fase vegetativa, não resulta em ganhos de produtividade, pelo contrario, com a adição desses fertilizantes ocorre a diminuição da fixação biológica natural (AMADO et al., 2000).

O resultado encontrado após o cultivo da ervilha forrageira encontra-se na Figura 3b, a produtividade média estimada entre todos os tratamentos foi de $5048,78 \text{ kg ha}^{-1}$ de grãos, resultado este um pouco acima do tratamento com aveia preta, porem, não houve diferença significativa entre os tratamentos. Novamente observa-se que a adição de doses de nitrogênio não resultou em ganho de produtividade na cultura da soja.

Esse aumento na produtividade média da soja após o cultivo da ervilha forrageira, pode ser atribuído à baixa relação C/N da cultura, onde a mesma sofre uma decomposição mais rápida por não possuir partes fibrosas em sua composição, isso faz com que a liberação dos nutrientes seja mais rápida, e conseqüentemente a soja possa usufruir destes mesmos elementos desde o início do seu ciclo.

Outro ponto a ser observado é que a ervilha forrageira possui alta rusticidade, suas raízes podem chegar a 1m de profundidade, após a decomposição das mesmas, o solo irá conter uma quantidade maior de bioporos, com um solo estruturalmente mais desenvolvido a soja pode buscar os nutrientes essenciais nas camadas mais profundas do mesmo.

5- CONCLUSÃO

Através da adição mineral do nitrogênio no solo, observou-se que não houve ganho de produção na cultura da soja, com isso pode se dizer que em Latossolos bem estruturados e com alta fertilidade, apenas o nitrogênio presente na matéria orgânica do solo é suficiente para suprir a demanda deste elemento pela cultura da soja.

6- REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABALOS, D. Meta-analysis of the effect of urease and nitrification inhibitors on crop productivity and nitrogen use efficiency. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 189, p. 136-144, 2014.

ADUAN, R. E. et al. **O Ciclo global do nitrogênio**, 2003, 2p. Disponível em: <http://www.zoonews.com.br/artigos/artigo.php?idartigo=150>.-Acesso em: 31 jul. 2017.

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP Consultoria & Agroinformação, 10^a ed., 2005. 521 p.

AITA, C. et al. Consorciação de plantas de cobertura no outono/inverno antecedendo o milho em plantio direto: Dinâmica do nitrogênio no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, n. 28, p. 739- 749, 2004.

AITA, C.; GIACOMINI, S.J.; HUBNER, A. P. Nitrificação do nitrogênio amoniacal de dejetos líquidos de suínos em solo sob sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, p. 95-102, 2007.

ALBUQUERQUE A. W et al. Plantas de cobertura e adubação nitrogenada na produção de milho em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.1, p. 721-726, 2013.

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

ALMEIDA, F. S.; RODRIGUES, B. N. Comparação entre diferentes métodos de preparo do solo e infestação por plantas daninhas. In: DERPSCHE, R. Controle da erosão no Paraná, Brasil: **Sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**, v. 11, p. 108-111, 1991.

ALVARENGA, R. C. et al. Plantas de cobertura de solo para sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, v. 22, n. 208, p. 25-36, 2001.

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

ANDRADE, R. S.; STONE, L. F. Índice S como indicador da qualidade física de solos, **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v. 13, n. 4, p. 382-388, 2009.

ARANDA, V.; COMINO, F. Effect of soil type and management (organic vs. conventional) on soil organic matter quality in olive groves in a semi-arid environment in Sierra Mágina **Natural Park (Spain)**. *Geoderma*, Amsterdam, v. 164, n. 1-2, p. 54-63, 2011.

ARATANI, R. G.; LAZARINI, E.; MARQUES, R. R.; BACKES, C. Adubação nitrogenada em soja na implantação do sistema plantio direto. **Bioscience Journal**. Uberlândia, v. 24, n. 3, p. 31-38. 2008

ARAÚJO, A. S. F.; CARVALHO, E. M. S. Fixação Biológica de Nitrogênio em Leguminosas. Teresina: UFPI, 2006. p. 1 – 4. (Comunicado técnico 11).

ARAUJO, L. S. et al. Potencial de cobertura do solo e supressão de tiririca (*Cyperus rotundus*) por resíduos culturais de plantas de cobertura. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 62, n. 5, p. 483-488, Out. 2015. Acesso 07 Mar. 2018. doi.org/10.1590/0034-737X201562050009.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F.; da; FLECK, N. G.; BORTOLINI, C. G.; NEVES, R.; AGOSTINETTO, D. Efeitos do manejo mecânico e químico da aveia preta no milho em sucessão e no controle do capim papua. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, p. 851-860, 2001.

ARRUDA, M. P. de Herança da resistência a ferrugem do colmo em genótipos brasileiros de aveia (*Avena sativa* L.). Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Dissertação de Mestrado, Porto Alegre, RS, 2011.

BAHRY, C. A. et al. Características morfológicas e componentes de rendimento da soja submetidas a adubação nitrogenada. **Revista Agrarian**. Dourados, v. 6, n. 21, p. 281-288, 2013.

BAHRY, C. A; VENSKE, E; NARDINO, M; FIN, S. S; ZIMMER, P. D; SOUZA, V. Q; CARON, B. O. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v. 7, n. 2, p. 9-14, jun. 2013.

BARBER, S. A. Soil nutrient bioavailability: a mechanistic approach. 2.ed. New York: **John Wiley e Sons**, Inc., 1995. 414p.

BARROS, V. L. N. P.; AVEIA PRETA - ALTERNATIVA DE CULTIVO NO OUTONO/INVERNO. **Pesquisa e Tecnologia**, v. 10, n. 2, 2013.

BATEY, T. Soil compaction and soil management. **Soil Use and Management**. v. 25, p. 335-345, 2009. [doi 10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x](https://doi.org/10.1111/j.1475-2743.2009.00236.x)

BAYER, C. et al. Seqüestro de carbono em dois solos do Cerrado brasileiro sob plantio direto. **Pesquisa sobre o solo**. v. 86, n. 2, p. 237-245, 2006.

BEZERRA, A. R. G. et al. **Botânica e Fenologia**. In: SEDIYAMA, T.; SILVA, F.; BORÉM, A. (Ed.) Soja: do plantio à colheita. UFV, Viçosa, 2015, p. 09-26.

BITTENCOURT, M. V. L. Impactos da Agricultura no meio ambiente; Principais tendências e desafios (Parte 1). **Economia e Tecnologia**. Ano 05. v. 18. Julho-Setembro. 2009.

BOER, C. A. et al. Ciclagem de nutrientes por plantas de cobertura na entressafra em um solo de cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 9, p. 1269-1276, 2007. doi.org/10.1590/S0100-204X2007000900008.

BOLLER, W. CALDATO, D. E. Desenvolvimento da cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em diferentes condições de cobertura e de preparo do solo. **Revista Engenharia Agrícola**, p. 167-173, 2001.

BORGES, W. L.; FARIA, S. M. Diversidade de rizóbios em áreas revegetadas após a mineração da bauxita. Resumo expandido. **FERTIBIO**. A responsabilidade socioambiental da pesquisa agrícola. Maceió (AL). 2012. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/935357/1/AP2012Diversidaderizo_biosareasrevegetadas.pdf

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Regras para análise de sementes. Brasília: SNDA/DNDV/CLAV, 1992.

BRAZ, A. J. B. P. et al. Acumulação de nutrientes em folhas de milho e dos capins braquiária e mombaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 34, p. 83-87, 2004.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura, **Revista Agroecologia Hoje**, ano II, n.14, maio a junho de 2002 – Botucatu-SP.

CALEGARI, A.; POLA, J. N. Ervilha forrageira lapar 83. mar 2007. Disponível em: http://www.iapar.br/arquivos/File/zip_pdf/ervilha-final.pdf.

CÂMARA, G. M. S. Soja: tecnologia de produção. Piracicaba: ESALQ, 1998. 293p.

CANTARELLA, H. et al. Ammonia volatilisation from urease inhibitor-treated urea applied to sugarcane trash blankets. **Scientia Agrícola**, v. 65, p. 397-401, 2008.

CAPECHE, C. L.; MACEBO, J. R.; MELO, A. S. **Estratégias de recuperação de áreas degradadas**, EMBRAPA, Rio de Janeiro, 2008.

CARNEIRO, M. A. C. et al. **Produção de fitomassa de diferentes espécies de cobertura e suas alterações na atividade microbiana de solo de cerrado**. *Bragantia*, Campinas, v. 67, n. 2, p. 455-462, 2008.

CAVIGLIONE, J. H. et al. **Cartas Climáticas do Paraná**. Londrina: IAPAR, 2000.

CERETTA, C. A.; et al. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 163-171, 2002.

CHAVES, J. C. D.; CALEGARI, A. Adubação verde e rotação de culturas. **Informe Agropecuário**, v.2 2, p. 53-60, 2001.

CHUEIRI, W. A.; PAJARA, F.; BOZZA, D. Importância da inoculação e nodulação na cultura da soja. Manah: Divulgação técnica, no 169. 2005. Disponível em: http://www.manah.com.br/downloadpdf.aspx?pdf=/media/4691/dt_manah_169.pdf. Acesso em: 10 set. 2017.

CHUNG, G.; SINGH, R. J. Broadening the genetic base of soybean: a multidisciplinary approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n. 5, p. 295-341, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira 2012**. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do136_3.htm#1 Acesso em: 04 Jul. 2017.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da safra brasileira: grãos: Perspectivas para a Agropecuária, Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: https://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_09_06_09_30_08_perspectivas_da_agropecuaria_bx.pdf. Acesso em 17 jan 2018.

COSTA, M. J. Caracterização molecular de isolados bacterianos de nódulos e rizosfera de soja em diferentes manejos de cultivo. Dissertação (Mestre em genética e melhoramento de plantas). Universidade estadual paulista “Júlio de Mesquita Filho”. Jaboticabal, 2011.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia Campinas**, v. 67, p. 481-489, 2008.

CRUZ, J. C. et al. Preparo Convencional do Solo. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/milho/arvore/CONTAG01_72_59200523355.html. Acesso em: 02 ago. 2017.

CRUZ, J. L.; PELACANI, C. R.; ARAUJO, W. L. Efeito do nitrato e amônio sobre o crescimento e eficiência de utilização do nitrogênio em mandioca. **Bragantia, Campinas**, v. 65, n. 3, p. 467-475, 2006.

D'ANDRÉA, A. F. et al. Armazenamento de carbono e nitrogênio, E formas inorgânicas de nitrogênio em um solo sob diferentes Sistemas de gestão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 2, p. 179-186, 2004.

DENDOOVEN, L. et al. Injection of pig slurry and its effects on the dynamics of nitrogen and carbon in a loamy soil under laboratory conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v. 27, p. 5-8, 1998.

DENISON R.F.; HARTER B.L. Nitrate effects on nodule oxygen permeability and leghemoglobin. Nodule oximetry and computer modeling. **Plant Physiol**. 1995.

DERAL. Tabela dinâmica de produção agrícola por município. Disponível em: <<http://www.seab.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=137>>. Acesso em: 19 nov. 2017.

DERPSCH, R.; CALEGARI, A. Plantas para adubação verde de inverno. Londrina: IAPAR, 1992. 80 p. (IAPAR. Circular, 73).

DIEKOW, J. et al. Soil C and N stocks as affected by cropping systems and nitrogen fertilization in a Southern Brazil Acrisol managed under no-tillage for 17 years. **Soil Tillage Res.**, v. 81, p. 87-95, 2005.

DUDA, G. P. et al. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, v. 60, p. 139-147, 2003.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos, Manual de Métodos de Análise de Solos. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa, 1997. 212.p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2ª ed. Brasília, DF. Tecnologias de Produção de Soja na Região Central do Brasil 2003. Sistemas de Produção, Londrina, n. 1, 2003. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Soja/SojaCentralBrasil2003/culti%20vares.htm>. Acesso em: 23 jan 2018

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2ª ed. Brasília, DF: 2009. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA) História da soja. Londrina: Embrapa soja. Disponível em: <https://www.embrapa.br/web/portal/soja/cultivos/soja1/historia>. Acesso em: 10 jan. 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA) Tecnologias de produção de soja, região Central do Brasil, 2005. Londrina: EMBRAPA Soja; EMBRAPA Cerrados; EMBRAPA Agropecuária Oeste; Fundação Meridional, 2004. 239p.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA). Sistemas de Produção: conceitos e definições no contexto agrícola. Londrina: Embrapa soja, 2012. Disponível em: http://garoupa.cnpso.embrapa.br/download/Doc_335-OL.pdf. Acesso em: 10 jan. 2018.

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. (EMBRAPA AGROBIOLOGIA) Adubação verde. Utilização de leguminosas contribui no fornecimento de nitrogênio para culturas de interesse comercial e protege solo da erosão 2011.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Composição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, p. 321-328, 2006.

FAGAN, E. B. et al. Fisiologia da fixação biológica de nitrogênio em soja – revisão. Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia, Uruguaiana, v. 14, n. 1, p. 89-106, 2007.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. **Advances in Agronomy**, v. 88, p. 97-185, 2005.

FAGERIA, N. K.; BALIGAR, V. C.; JONES, C. A. Growth and mineral nutrition of field crops. **Boca Raton**: CRC Press, 2011.

FANTE, C. A. et al. Respostas fisiológicas em cultivares de soja submetidas ao alagamento em diferentes estádios. **Bragantia, Campinas**, v. 69, p. 253-261, 2010.

FATURI C. et al. Grão de aveia preta em substituição ao grão de sorgo para alimentação de novilhos na fase de terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 437-448, 2003.

FEDERAÇÃO BRASILEIRA DE PLANTIO DIRETO NA PALHA (FEBRAPDP). **Evolução da área com plantio direto no Brasil – dados estatísticos**. Disponível em: <http://www.febrapdp.org.br/arquivos/BREvolucaoPD2002a2006.pdf>. Acesso em: 03 Ago. 2017.

FEDERIZZI, L. C. et al. Melhoramento da aveia. In: BORÉM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**, 2ed. Viçosa: UFV, 2005. p. 141-169.

FERREIRA, M. M. et al. Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e da adubação orgânica em duas épocas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 21, n. 3, p. 471-476, 2003.

FERREIRA, T. N.; SCHWARZ, R. A.; STRECK, E. V. Solos: manejo integrado e ecológico – elementos básicos. Porto Alegre: EMATER/RS, 2000. 95p.

FILHO, A. C. Tamanho de parcela e numero de repetições em ervilha forrageira. **Ciencia Rural**, p. 45, v. 7, 2015.

FONTANELI, R. S. et al. Rendimento e nodulação de soja em diferentes rotações de espécies anuais de inverno sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 349-355, 2000.

FRANCHINI, J. C. et al. Importância da rotação de culturas para a produção agrícola sustentável no Paraná – **Embrapa Soja, Documentos 327**. Acesso em 19 set 2017. http://www.cnpso.embrapa.br/download/Doc_327-VE.pdf. Jun 2011.

FREITAS, S. M. et al. Análise da dinâmica de transmissão de preços no mercado internacional de farelo de soja, 1990-99. **Agricultura em São Paulo**, v. 48, n. 1, p. 1-20, 2001.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BRITO, E. C. Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos culturais de plantas de cobertura em Argissolo Vermelho-Amarelo na região Noroeste Fluminense (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GILLER, K. E. et al. Nitrogen fixation in tropical cropping systems. CAB: Wallingford, 1991. p. 51-66.

GIRARDELLO, V. C. **Qualidade física de um latossolo submetido a escarificação sitio específico e o rendimento da soja sob plantio direto**. Dissertação de Mestrado, UFSM, RS, 2010.

GONÇALVES, S. L. et al. Rotação de culturas. **Circular técnica 45**. ISSN:1516-7860. Set, 2007. Acesso em 19 set 2017. <http://www.cnpso.embrapa.br/download/cirtec/circtec45.pdf>.

GUARIZ, H. R. et al. Avaliação da Umidade e da Densidade do Solo sob Diferentes Coberturas Vegetais. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4, n. 2, p. 3293-3296, 2009.

GUBIANI, P. I. REGULARIDADE DE RESPOSTA DA CULTURA DO MILHO À COMPACTAÇÃO DO SOLO. TESE DE DOUTORADO, Santa Maria, RS, Brasil 2012.

GUERREIRO, C. P. V. Diferentes métodos de adubação verde, **Revista Agroecologia Hoje**, ano II, n. 14, maio a junho de 2002 – Botucatu-SP.

HARTMAN, G. L.; WEST, E. D.; HERMAN, T. K. Crops that feed the World 2. Soybean worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. **Food Security, Beltsville**, v. 3, p. 5-17, 2011.

HOLTZ, G. P.; SÁ, J. C. de M. Resíduos culturais: Reciclagem de nutrientes e impacto na fertilidade do solo. In: Curso sobre manejo do solo no sistema semeadura direta, 1995, Castro/PR. Anais. Ponta Grossa: Fundação ABC, 1996. p. 14 – 30.

HUNGRIA, M.; CAMPO, R. J.; MENDES. I. C. Fixação biológica de nitrogênio na cultura da soja. Londrina: **Embrapa Soja**, 2001. 48p.

HUNGRIA, M.; VARGAS, M. A. T. Environmental factors affecting N₂ fixation in grain egumes in the tropics, with an emphasis on Brazil. **Field Crops Research**, v. 65, p. 151-164, 2000.

HUTCHISON, C. M. W.; WALWORTH, J. L. Evaluating the effects of gross nitrogen mineralization, immobilization, and nitrification on nitrogen fertilizer availability in soil experimentally contaminated with diesel. **Biodegradation**, v. 18, p. 133-144, 2007.

HYMOWITZ, T. Speciation and cytogenetics. In: BOERMA, H.R.; SPECHT, J.E. (Ed.). **Soybeans: improvement, production and uses**. 4th ed. Madison: American Society of Agronomy, Crop Science Society of America and Soil Science Society of America, 2004, p. 97-136

JIN, H. et al. Soil properties and crop yields after 11 years of no tillage farming in wheat–maize cropping system in North China Plain. **Soil Till.** v.113, p. 48–54, 2011.

JONG VAN LIER, Q. de. Física do Solo. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2010. 298 p.

JUNIOR, R. C. O. et al. Quantificação de restos culturais e concentração de nutrientes na cultura do milho no Município de Belterra, PA. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Ano 2014. <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/1030890/1/403.pdf>.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. B. P.; SILVEIRA, P. M. Taxa de composição de resíduos de espécies de cobertura em Latossolo Vermelho Distroférico. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 36, n. 1, p. 21- 28, 2006.

LAJUS, C. R. et al. Eficiência agronômica da cultura da soja (*Glycine max* (L.) merrill) submetida a doses de nitrogênio. In: **SIEPE**. São Miguel do Oeste, 2015. Disponível em: file:///C:/Users/User/Downloads/8386-28768-1-PB.pdf. Acesso em 31 de outubro de 2018.

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, v. 165, p. 57-72, 2000.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KONDORFER, G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I. Efeito da irrigação e substituição parcial da ureia por sulfato de amônio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 21, n. 3, p. 481-487, 1997.

LIMA, C. L. R.; PILLON, C. N.; LIMA, A. C. R. Qualidade física do solo: indicadores quantitativos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2007. 25p (Documentos, 196).

LOPES, A. S. Manual internacional de fertilidade do solo. 2ed. Piracicaba; **Potafos**, p.37-46, 1998.

MACARI, S. et al. Avaliação de uma mistura de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com cultivares de azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. **Ciência Rural**, v. 36, p. 910-915, 2006.

MACHADO, O. L., Adubação nitrogenada. Disponível em: <http://www.dpv24.iciag.ufu.br/new/dpv24/Apostilas/Monitor%20Leonardo%20-%20Apostila%20Adub.%20Nitrogenada%2002.pdf>., Acesso em 02 Ago 2017.

MALAVOLTA, E. Manual de Nutrição de Plantas. São Paulo: **Agronômica Ceres**. 638p. 2006.

MALAVOLTA, E. Os elementos minerais. In: ELEMENTOS DE NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS. Ed.: **Agronômica Ceres**. São Paulo, 1980.

MARSCHNER, H. Mineral Nutrition of Higher Plants. London: **Academic Press**, 1995. 889p.

MENDES, I. C.; HUNGRIA, M; VARGAS, M. A. T. Resposta da soja à adubação nitrogenada na semeadura, em sistemas de plantio direto e convencional na região do cerrado. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2000. 15p. (Boletim de Pesquisa, 12).

MERCANTE, F. M. Uso de inoculante garante economia de três bilhões de dólares na cultura da soja no país, 2005. Disponível em: <http://www.embrapa.br/imprensa/artigos/2005/artigo.2005-12-05.0506770395/>. Acesso em 13 ago. 2017.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA). Secretaria de Relações Internacionais do Agronegócio. Balança Comercial do Agronegócio – Abril/2017: MAPA, 2017.

MIYASAKA, S.; MEDINA, J. C. A soja no Brasil. Instituto de Tecnologia de Alimentos ITAL, Campinas, 1061p, 1981.

MORAES, R. N. S. Decomposição das palhadas de sorgo e milho, mineralização de nutrientes e seus efeitos no solo e na cultura do milho em plantio direto. 2001, 90p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e Bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2006, 729 p.

MORO, E. et al. Teor de nitrogênio inorgânico no solo em função de plantas de cobertura, fontes de nitrogênio e inibidor de nitrificação. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 43, n. 4, p. 424-435, out./dez. 2013.

NAGAOKA, A. K.; NOMURA, R. H. C. Tratores: semeadura. **Cultivar Máquinas**, Pelotas, n. 18, p. 24-26, janeiro/abril, 2003.

NASCENTE, A. S. et al. Produtividade do arroz de terras altas em função do manejo do solo e da época de aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 60-65, 2011.

NASCENTE, A. S. et al. Produtividade do arroz de terras Altas em função do manejo do solo e da época da aplicação de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 60-65, 2011.

NUNES, R. S. et al. Sistemas de manejo e os estoques de carbono e nitrogênio em latossolo de cerrado com a sucessão soja-milho. R. **Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, p. 1407-1419, 2011.

OLIVEIRA, J. G. R. et al. Erosão no plantio direto: perda de solo, água e nutrientes. **Boletim de Geografia**. v. 30, n. 3, p. 91-98, 2012 [doi 10.4025/bolgeogr.v30i3.17644](https://doi.org/10.4025/bolgeogr.v30i3.17644).

OLIVEIRA, T. K. de; CARVALHO, G. J. de; MORAES, R. N. S. Plantas de cobertura e seus efeitos sobre o feijoeiro em plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, p. 1079- 1087, 2002.

PEREIRA, A. S. de. et al. Avaliações qualitativas e quantitativas de plantas daninhas na cultura da soja submetida aos sistemas de plantio direto e convencional. **Planta Daninha**, Londrina, v. 18, n. 2, p. 207-216, 2000.

PEREIRA, R. A. et al. Influência da cobertura de aveia preta e milho sobre comunidade de plantas daninhas e produção de soja. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 6, n. 1, p. 1-10, 2011.

PREVEDELLO, C. L. Física do solo com problemas resolvidos. Curitiba, Saeafs, 1996, 446p

RAVEN, P. H.; EICHHORN, S. E.; EVERT, R. F. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 8ª edição. 2016.

REICHERT, J. M. et al. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v. 102, p. 242-254, 2009.

REICHERT, J. M.; SUZIKT, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: Identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. Tópicos em ciência do solo, Viçosa: **Sociedade Brasileira de Ciência do Solo**, v. 5, p. 49-134, 2007.

REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Propriedades físicas do solo. Universidade Federal de Santa Maria, 2006. 18p.

REZENDE, C. P. et al. Alelopatia e suas interações na formação e manejo de pastagens. **Boletim Agropecuário**, Lavras, n. 54, p. 1-55, 2003.

RIZZARDI, M. A.; SILVA, L. F. Influência das coberturas vegetais antecessoras de aveiapreta e nabo forrageiro na época de controle de plantas daninhas em milho. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 24, n. 4, p. 669-675, 2006.

ROCHETTE, P. et al. Carbon dioxide and nitrous oxide emissions following fall and spring applications of pig slurry to an agricultural soil. **Soil Science Society of America Journal**, v. 68, p. 1410-1420, 2004.

ROCHETTE, P. et al. Reducing ammonia volatilization in a no-till soil by incorporating urea and pig slurry in shallow bands. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 84, p. 71-80, 2009.

ROSOLEM, C. A.; ALMEIDA, A. C. S.; SACRAMENTO, L. V. S. Sistema radicular e nutrição da soja em função da compactação do solo. **Bragantia, Campinas**, v. 53, n. 2, p. 259- 266, 1994.

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

ROSSETTI, K. V. et al.. Atributos físicos do solo em diferentes condições de cobertura vegetal em área de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 7, p. 427-433, 2012.

SÁ, J. C. M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. IN 8 INTERRELAÇÃO FERTILIDADE, BIOLOGIA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS. Soil fertility, soil biology, and plant nutrition interrelationships. Viçosa: **SBCS**, 1999. p. 267-320.

SANCHEZ, E. Propriedades físicas do solo e produtividade de soja em sucessão a plantas de cobertura de inverno. 2012. 59. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2012.

SANGOI, L. et al. Volatilização de N-NH₃ em decorrência da forma de aplicação de ureia, manejo de resíduos e tipo de solo, em laboratório. **Ciencia Rural**, v. 33, p. 87-692, 2003.

SANT'ANA, E. V. O.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Eficiência de uso de nitrogênio em cobertura pelo feijoeiro irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v. 15, n. 5, p. 458–462, 2011.

SANTOS, H. P.; REIS, E. M., Rotação de culturas em plantio direto. Passo Fundo: **Embrapa Trigo**, 2001. 212 p.

SANTOS, S. M. C.; ANTONANGELO, J. A.; DEUS, A. C. F.; FERNANDES, D. M. Perdas de amônia por volatilização em resposta a adubação nitrogenada do feijoeiro. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 3, n. 1, p. 16–20, jan./mar. 2016.

SANZ-COBENA, A. et al. An inhibitor of urease activity effectively reduces ammonia emissions from soil treated with urea under Mediterranean conditions. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v. 126, p. 243-249, 2008.

SARTORI, V. C. et al. Adubação verde e compostagem: estratégias de manejo do solo para conservação das águas. Caxias do Sul: EducS, 2011. 17p.

SCHENKEL, M. G. S. et al. formação e a conversão de grupos de agricultores agroecológicos no Alto Uruguai Catarinense e Gaúcho. **Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia**. Revista Brasileira de Agroecologia, v. 2, n. 1, fev. 2007.

SCHOLBERG, J. et al. Nitrogen stress effects on growth and nitrogen accumulation by field-growth tomato. **Agronomy Journal**, v. 92, p. 159-167, 2000.

SCHUCH, L. O. B.; KOLCHINSKI, E. M.; CANTARELLI, L. D. Relação entre a qualidade de sementes de aveia-preta e a produção de forragem e de sementes. **Scientia Agraria**, v. 9, p. :1-6, 2008.

SECCO, D.; ROS, C. O. D.; SECCO, J. K.; FIORIN, J. E. Atributos físicos e produtividades de culturas em um Latossolo Vermelho argiloso sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 407-414, 2005.

SEDIYAMA, T. Melhoramento genético da soja no Brasil central. In. Simpósio Internacional de Atualização em Genética e Melhoramento de Plantas, 18, 2014, Lavras. Anais Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2014, p. 27.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R de C.; REIS, M. S. Melhoramento da Soja. In: BORÉM, A. (Ed.). Melhoramento de espécies cultivadas. Viçosa: UFV, 2005. p. 553- 604.

SEDIYAMA, T.; TEIXEIRA, R.C.; BARROS, H. B. Origem, evolução e importância econômica. In: SEDIYAMA, T. (Ed.). Tecnologias de produção e usos da soja. Londrina: Mecenaz, 2009, p. 1-5.

SILVA, A. P. et al. Soil structure and its influence on microbial biomass in different soil and crop management systems. **Soil and Tillage Research**, v. 142, p. 42–53, 2014. doi.org/10.1016/j.still.2014.04.006

SILVA, S. R.; BARROS, N. F.; COSTA, L. M. Atributos físicos de dois Latossolos afetados pela compactação do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 10, n. 4, 2006.

SILVEIRA, G. et al. Variabilidade genética para características agronômicas superiores em cruzamentos biparentais de aveia preta. **Bragantia, Campinas**, v. 69, n. 4, p.823-832, 2010.

SISTI, C. P. J. et al. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in Southern Brazil. **Soil Tillage Res.**, v. 76, p. 39-58, 2004.

SOARES, A. L. L. et al. Eficiência agronômica de rizóbios selecionados e diversidade de populações nativas nodulíferas em Perdões (MG). I – Caupi (1). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, p. 795-802, 2006.

SORRATO, R. P. et al. Produção, decomposição e ciclagem de nutrientes em resíduos de crotalária e milheto, cultivados solteiros e consorciados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 10, p. 1462-1470, out. 2012.

SOUZA, E. D.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. Atributos físicos de um neossolo quartzarênico e um latossolo vermelho sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 11, p. 1135-1139, 2005.

SOUZA, F. R. et al. Atributos físicos e desempenho agronômico da soja em um Latossolo Vermelho Distroférico submetido a dois sistemas de manejo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 6, p. 1357-1364, 2010.

SOUZA, J. L.; GUIMARÃES, G. P. Rendimento de massa de adubos verdes e o impacto na fertilidade do solo em sucessão de cultivos orgânicos. **Bioscience Journal** v. 29, p. 1796-1805, 2013.

STEPHENS, B. D.; NEYRA, C. A. Redução de Nitratos e Nitritos em Relação à Atividade de Nitrogenase em Nódulos de Soja e Bacteróides de *Rhizobium japonicum*. **Physiol vegetal**. 1983

STOLF, R.; THURLER, A. M.; BACCHI, O. O. S.; REICHARDT, K. Method to estimate soil macroporosity and microporosity based on sand content and bulk density. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 35, n. 2, p. 447-459, 2011.

SUZUKI, L. E. S. Compactação do solo e sua influencia nas propriedades físicas do solo e crescimento e rendimento de culturas. 2005. 146f. Tese (Doutorado em ciência do solo), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER E. Plant Physiology. Massachusetts: Sinauer, 1998. 197p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 954 p. 2013.

TAIZ, L.; ZEIGER. "Plant Physiology" 5th Edition, Sinauer Associates, Inc, USA. 2010.

TAVARES, M. J. C. M. S.; ZANETTINI, M. H. B.; CARVALHO, F. I. F. Origem e evolução do gênero Avena: suas implicações no melhoramento genético. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v.2 8, n. 4, p. 499-507, 1993.

TAVARES, R. L. et al. Curso de recuperação de áreas degradadas: a visão da Ciência do Solo no contexto do diagnóstico, manejo, indicadores de monitoramento e estratégias de recuperação. **Manual publicado pela EMBRAPA** – Rio de Janeiro, 2008. 228p.

TEIXEIRA, M. B. Teores de nutrientes na palhada e no solo, após o corte das plantas de milho e sorgo. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ. 2010.

TEIXEIRA, M.B. et al. Decomposição e ciclagem de nutrientes dos resíduos de quatro plantas de cobertura do solo. Volume 30, Nº 1. Páginas 55-64 IDESIA (Chile) Abril, 2012.

TEIXEIRA, R.M. Remoção de nitrogênio de efluentes da indústria frigorífica através da aplicação dos processos de nitrificação e desnitrificação em biorreatores utilizados em um sistema de lagoas de tratamento. Tese. UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA.

TIAN, G.; KANG, B. T.; BRUSSARD, B. L. Mulching effect of plant residues with chemically contrasting compositions on maize growth and nutrients accumulation. **Plant and Soil**. The Hague, v. 153, p. 179–187, 1993.

TORRES, E.; SARAIVA, O. F. Camadas de impedimento mecânico do solo em sistemas agrícolas com a soja. Londrina: EMBRAPA Soja, 1999. 58p. (EMBRAPA Soja, Circular Técnica, 23).

TORRES, J. L. R. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura em um solo de cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 609-618, 2005.

VALDERRAMA, M. et al. Fontes e doses de nitrogênio e fósforo em feijoeiro no sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**., Goiânia, v. 39, n. 3, p. 191-196, jul./set. 2009

VIÉGAS, I. J. M. et al. Composição mineral e sintomas visuais de deficiências de nutrientes em plantas de pimenta-longa (*Piper hispidinervum* C. DC.) **Revista Acta Amazonica**. v. 43, n. 1 p. 43 – 50, 2013.

VITTI, A. C. et al. Mineralização da palhada e crescimento de raízes de cana de açúcar relacionadas a adubação nitrogenada de plantio. **Revista Brasileira de ciência do solo**, Viçosa, v. 22, p. 2757-2762, 2008.

WOLSCHICK NH. - Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo). Lages: UDESC. 93p.

WUTKE, E. B.; AMBROSANO, E. D.; BULISANI, E. A ERVILHA DE GRÃO. IN: **Instituto Agrônomo**. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/>. Acesso em 04 Ago 2017.