MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL CATARINENSE
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO

Edital 015/2016 - Campus Rio do Sul
EDITAL DE PROJETOS PARA BOLSAS DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA E DE EXTENSÃO 2016/2017

Modalidade de bolsa – Extensão – Graduação - BEG

1. Título)

ADUBAÇÃO VERDE - MELHORIA DOS ATRIBUTOS FÍSICOS DO SOLO, SEQUESTRO DE CARBONO E SUPRIMENTO DE NITROGÊNIO PARA A CULTURA DO MILHO

2. Resumos dos resultados já obtidos

Projeto será iniciado em 2016

3. Introdução

Atualmente uma das grandes preocupações na agricultura moderna é a redução da emissão de gases de efeito estufa (GEEs), tais como CO_2, CH_4 e N_2O para a atmosfera. Neste sentido, sistemas conservacionistas de manejo do solo como o Sistema de Plantio Direto (SPD) apresentam enorme potencial em contribuir na mitigação, bem como no sequestro de C pelo solo, uma vez que, ao contrário do sistema de plantio convencional, permite o aumento da quantidade de Carbono Orgânico do Solo (COS) devido à contínua adição de resíduos culturais na superfície do solo, que se transforma lentamente em húmus. Além disso, também devido à expressiva redução nas operações mecânicas; há menor emissão de CO_2 para a atmosfera, quando comparado com o sistema de cultivo convencional.

Em Santa, Catarina, há um predomínio de propriedades agrícolas com pequena área territorial, fato que reforça a necessidade de se implantar sistemas conservacionistas de manejo do solo como o Sistema de Plantio Direto (SPD), nos quais se torna praticamente obrigatório o uso de plantas de cobertura para produção de palhada, ocasionando consequentemente no decorrer do tempo, melhoria dos atributos físicos do solo, aumento do teor de C orgânico do solo, bem como no fornecimento de nitrogênio para as plantas de interesse comercial. Além de melhorar os atributos químicos e físicos do solo, o SPD pode representar mais uma oportunidade de sequestro de quantidades significativas de CO_2, tornando a agricultura não apenas uma fonte de emissões de CO_2 e pressão ao desmatamento, mas um poderoso aliado na conservação ambiental.

Na região do Vale do Itajaí-SC, uma prática frequentemente adotada pela maioria dos agricultores que adotam sistemas conservacionistas de manejo do solo é o cultivo de espécies vegetais como adubos verde, priorizando o cultivo de espécies de outono/inverno, uma vez que é nesta época, que as áreas de cultivo ficam ociosas devido as culturas de interesse comercial serem cultivadas na primavera/verão, com destaque para a cultura do milho e soja. Dentre as espécies mais utilizadas como adubos verde, destaca-se as gramíneas azevém (*Lolium multiflorum*) e a aveia-preta (*Avena strigosa*) e a leguminosa ervilhaca comum (*Vicia sativa*) e a crucífera nabo forrageiro (*Raphanus sativus*).

Além do elevado potencial de produção de fitomassa pela parte aérea das plantas (superando 40 t ha^{-1}), estas espécies possuem potencial diferenciado no suprimento de nitrogênio para as plantas de interesse comercial cultivada após o manejo dos adubos verde, principalmente para o milho. A leguminosa, por se beneficiar da associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio, pode, em muitos casos, suprir todo o nitrogênio necessário para alcançar produtividade de milho superior a 6.000 kg ha^{-1}, reduzindo assim significativamente os custos de produção da lavoura, uma vez que praticamente não há necessidade da aplicação de fertilizantes nitrogenados em cobertura (geralmente ureia), onde nitrogênio fixado de forma industrial, necessita elevado gasto de energia, com consequente emissão de gases nocivos ao meio ambiente.

O nitrogênio, entre os elementos essenciais, é o que mais limita o crescimento e o rendimento do

milho. Esta limitação ocorre porque as plantas requerem quantidades relativamente grandes de N (de 1,5% a 3,5% da massa da matéria seca da planta), e porque a maioria dos solos não possui N suficiente em forma disponível para sustentar os níveis de produção desejados. Como sua deficiência pode diminuir o rendimento e a qualidade dos grãos, buscam-se medidas de adubação para assegurar que níveis adequados estejam disponíveis às plantas.

Nesta região, a despeito do cultivo de plantas de cobertura de solo estar bastante difundido, estudos onde se avalia o potencial destas em contribuir no sequestro de C no solo, bem como em melhorar os atributos físicos do solo e suprir nitrogênio em quantidade necessária para as culturas subsequentes, principalmente o milho ainda são incipientes, tendo-se a necessidade de serem realizados estudos mais aprofundados sobre o assunto. A quantificação do potencial destas espécies de plantas de cobertura no sequestro de C da atmosfera para o solo, bem como em fornecer nitrogênio para cultura do milho certamente auxiliará os produtores rurais na realização de um fornecimento adequando deste elemento para cultura, evitando-se assim aplicações desnecessárias, e principalmente, a contaminação dos recursos hídricos, uma vez que geralmente há elevada precipitação pluviométrica na primavera/verão, ocasionando assim a perda de nitrogênio por lixiviação.

Além disso, conhecer quanto de nitrogênio cada uma destas espécies pode fornecer para cultura do milho, bem como sua contribuição no sequestro de C da atmosfera para o solo melhorando seus atributos físicos, estimulará os produtores a ampliarem a utilização das mesmas, fazendo deste modo um uso mais racional dos fertilizantes nitrogenados prontamente solúveis adquiridos nas casas agropecuárias, e consequentemente uma agricultura ecologicamente mais correta.

4. Objetivos

Objetivo Geral

Avaliar o potencial de diferentes espécies de plantas de cobertura de solo em produzir fitomassa, melhorar os atributos físicos e químicos do solo e suprir nitrogênio para a cultura do milho.

Objetivos específicos

Avaliar o potencial de produção de fitomassa das diferentes espécies de adubação verde nas condições de clima e solo do Alto Vale do Itajaí.

Averiguar o potencial das espécies de adubação verde em melhorar os atributos físicos do solo em diferentes profundidades.

Determinar o incremento de carbono orgânico total no solo em função das distintas plantas hibernais de cobertura do solo.

Realizar um fracionamento físico do carbono orgânico presente no solo, no sentido de determinar sua resistência à degradação e possibilidade de melhoria nas características químicas do solo.

Quantificar o potencial das espécies de adubos verde em suprir o nitrogênio para a cultura do milho.

Divulgar para a comunidade interna e principalmente para os produtores rurais da região os resultados obtidos, estimulando e potencializando o uso desta prática bem como das espécies de adubos verdes mais promissoras.

5. Fundamentação Teórica. Máximo duas páginas

No cenário atual dos sistemas agrícolas o solo tem grande importância na produção de alimentos, fibras e principalmente na manutenção da qualidade ambiental. Com o advento de um novo paradigma científico-social, a preocupação com a qualidade de vida das pessoas traz uma importância mais evidenciada do papel do solo nesta relação, uma vez que o solo é entendido como mediador dos processos globais. Com o manejo inadequado do solo, a desestruturação do mesmo está em constante crescimento. Pesquisas relatam que a compactação corresponde a 82% do total de solos fisicamente

degradados no mundo, o que corresponde a 68,3 milhões de hectares, distribuídos principalmente na Europa e África. O uso inadequado do solo para cultivos, sem o devido respeito e limitação do mesmo, tem acelerado os processos de degradação da sua capacidade produtiva. O manejo, a conservação e a recuperação dos recursos naturais são preocupações que atualmente mobilizam o mundo inteiro, pelos métodos incoerentes de manejo do solo adotados e precária produção das culturas em muitos momentos.

A diminuição das operações agrícolas não é condição suficiente para evitar a compactação, a menos que seja suplementada com rotação de culturas e com uso de plantas que produzam grande quantidade de massa para promover a cobertura do solo e que possuam sistema radicular profundo, capazes de diminuir a compactação (CARDOSO et al., 2003). Para ALVARENGA et al. (1996) as raízes podem estar envolvidas, direta ou indiretamente, na estabilização do solo, pois o emaranhado que elas formam aproxima e protege os agregados do solo, em especial os macroagregados e, indiretamente, devido à exudação e decomposição das mesmas, fornecendo materiais orgânicos estabilizantes e deposições de carbono abaixo da superfície do solo.

Algumas espécies produzem enorme quantidade de raízes, como as gramíneas, que possuem sistema radicular abundante e, embora não possuam raízes muito desenvolvidas, estas ocorrem em grande quantidade (JIMENEZ, et al. 2008). Além do processo mecânico de descompactação do solo, com escarificadores e subsoladores, a utilização de espécies de plantas de cobertura, sobretudo com a utilização da rotação de culturas em espécies com sistema radicular bastante agressivo e profundo, faz-se necessário, pois além da proteção da superfície do solo com a presença de resíduos vegetais, as raízes dessas espécies vão se decompor, deixando canais que proporcionarão o aumento do movimento de água e a difusão de gases (MÜLLER et al., 2001; JIMENEZ, et al. 2008). SILVA (1986) também relata que os resíduos de culturas proporcionam um aumento na taxa de infiltração de água. Esta cobertura reduz a temperatura máxima do solo e as perdas de água por evaporação (BRAGAGNOLO & MIELNICZUK, 1990).

Adubação verde é uma prática que proporciona melhoria nas condições químicas, físicas e biológicas do solo. Seus diversos efeitos têm sido constatados na proteção do solo, mediante a redução das perdas por erosão, o que proporciona ganho de matéria orgânica, aumento da CTC, amenizando também os problemas de compactação e trazendo os nutrientes mais profundos para a superfície (ALCÂNTARA et al., 2000). Em adição, o teor e o tipo de matéria orgânica presentes no solo são alguns dos principais indicadores de qualidade do solo (VEZZANI, 2001; CONCEIÇÃO, 2002) em função das inúmeras melhorias que promovem no solo.

A matéria orgânica, ou mais especificamente, o carbono orgânico do solo pode ser classificado de acordo com diferentes princípios. Sob o ponto de vista das suas transformações quantitativas, MIELNICZUCK (1999), classificou o estoque de matéria orgânica (MO) em compartimentos que expressam diferentes resistências à decomposição e funções que exercem no solo. A MO não protegida compreende a biomassa microbiana e fração grosseira, associada à partículas de solo com diâmetro superior a 53µm (>53µm), também denominada fração lábil. A MO protegida é aquela associada a minerais com tamanho inferior a 53µm (<53µm) podendo ser subdividida em função do tipo de proteção, em estrutural ou coloidal. A MO não protegida é responsável pela agregação temporária, é fonte de carbono, elétrons, energia e atua como fonte de nutrientes que compõem a estrutura dos microorganismos e das plantas, principalmente de importantes nutrientes, como o nitrogênio. A biomassa microbiana destaca-se pela decomposição dos resíduos e pela considerável emissão de CO_2 (SCHLESINGER, 1991). Essa fração é facilmente afetada por perturbações do meio e possui um tempo de permanência no solo de 2 a 5 anos. Ela representa aproximadamente um terço do carbono orgânico total do solo.

Segundo MIELNICZUCK (1999), a MO protegida é dependente da magnitude dos compartimentos não protegido, da intensidade de revolvimento e da textura do solo. A fração estrutural depende ainda do grau de destruição dos agregados e a fração coloidal depende da mineralogia do solo.

A MO protegida é responsável pela agregação permanente, pela principal fonte de acidez potencial e pela grande capacidade de troca de cátions do solo.

As alterações no manejo da rotação das culturas e no uso da terra têm, portanto, estreita relação com a dinâmica da matéria orgânica e com o ciclo biogeoquímico dos elementos, modificando a capacidade produtiva desses ambientes (BROWN et al., 2008).

A adubação verde é indispensável para a agricultura e sua utilização pode ser feita através do manejo de rotações de culturas, melhorando as condições de fertilidade e estrutura do solo, além da recuperação da bioestrutura e auxiliando na adubação nitrogenada (leguminosas) e na produção de matéria orgânica (gramíneas). A adubação verde deve repor ao solo as quantidades de nutrientes que as plantas dele retiram, sendo eles macro e micronutrientes, perdidos pelas colheitas. Essa prática evita que o solo se esgote ou se torne deficiente (VASCONCELLOS et al., 2002).

As espécies escolhidas para adubação verde do solo devem ser selecionadas pela possibilidade de produção de sementes, pelo potencial de produção de fitomassa, pela capacidade de incorporar ou reciclar nutrientes ao solo, pela velocidade e uniformidade do desenvolvimento vegetativo e pela facilidade de manejo, e por não apresentar características de se tornar futuramente uma planta daninha. Existem também algumas plantas com função de "descompactar" o solo, isto é, elas podem proporcionar um rompimento mais uniforme da camada compacta, além de contribuírem na melhoria do estado de agregação do solo (JIMENEZ et al., 2008; CONTE et al., 2008).

As plantas de cobertura do solo, além de fazerem parte da diversificação de um agro-ecossistema, são excelentes adubos, pois além de protegerem o solo, podem ser a ele incorporados, servindo como matéria orgânica. Quando a adubação verde é feita com leguminosas sua associação com bactérias do gênero Rhizobium, proporcionam a fixação de nitrogênio do ar no solo, reduzindo o consumo de adubo sintético nitrogenado (PEDROSO, 2005).

O aumento da disponibilidade de N para a primeira cultura cultivada em sucessão às leguminosas pode ser de efeito imediato. Estudos comprovam que a quantidade de N na fitomassa destas espécies pode ser elevada, podendo atingir cerca de 50 a 200 kg ha^{-1}, geralmente com uma média de 120 kg ha^{-1} (AMADO et al., 2002). Assim, normalmente, é a produção de matéria seca que irá determinar o total de N a ser fixado ao solo pelas leguminosas, podendo permanecer no solo por médio e longo prazo, reduzindo dessa forma a necessidade de outras fontes de N para maximizar o rendimento de culturas utilizadas na rotação (AMADO et al., 2002).

Avaliando a contribuição de N pelas leguminosas de inverno tremoço (Lupinus spp) e ervilhaca comum (*Vicia sativa*) para a cultura do milho, constatou uma economia de até 90 kg ha^{-1} de N na forma mineral, com produtividade superior a 6.000 kg ha^{-1}. Trabalhando com adubos verdes de inverno obteve-se maiores rendimentos de milho na ausência da adubação nitrogenada mineral, quando cultivado após a ervilhaca comum, seguido do tremoço que forneceram ao milho 90 e 54 kg ha^{-1} de N, respectivamente (BEUTLER et al., 1997).

A produtividade das culturas de verão está intimamente ligada à interferência das culturas de inverno precedentes, de modo que o cultivo do nabo forrageiro (*Raphanus sativus*) é uma opção de inverno que se destaca na região, sendo utilizada principalmente em rotação com a cultura da soja. Esta espécie, por seu sistema radicular vigoroso contribui na mitigação dos efeitos da compactação do solo, favorecendo para a manutenção da produtividade desta oleaginosa (VALICHESKI, et al. 2012).

A aveia-preta (*Avena strigosa*) é uma das principais forrageiras utilizadas no inverno, cultivada de forma isolada ou consorciada com outras forrageiras de clima temperado, devido sua alta produção de matéria seca, qualidade de forragem e resistência à ferrugem (MACARI et al., 2006). A capacidade de acumulação de N na planta pode alcançar valores respectivos a 147 kg ha^{-1}, apresentando uma contribuição de N inferior as leguminosas (AMADO et al., 2002).

O azevém (*Lolium multiflorum*) é uma espécie de gramínea de inverno, com ciclo anual, de fecundação cruzada, utilizada principalmente como forrageira e para fornecimento de palha ao SPD. É uma espécie de fácil adaptação em solos que apresentam uma baixa fertilidade, com boa resposta à

adubação (VARGAS et al., 2007).

As doses baixas e o manejo incorreto de nitrogênio (N) são fatores responsáveis por uma baixa produtividade na cultura do milho. O milho é o principal cereal produzido no Brasil e ocupa uma área correspondente a 14 milhões de hectares, apresentando uma produtividade média de 4,1 Mg ha^{-1} de grãos (CONAB, 2011).

Pesquisas afirmam que a economicidade no cultivo do milho pode estar relacionada com o uso de adubos verdes na propriedade, devido à contribuição de N para o sistema. A adubação verde foi capaz de suprir as necessidades de N em quantidade equivalente à aplicação de até 90 kg ha^{-1} de N na cultura do milho sob forma de ureia (BEUTLER et al., 1997).

O milho exige que o solo se encontre em boas condições químicas e físicas, garantindo melhores produções quando cultivados em solos francos, profundos, ricos em húmus, bem drenados e arejados e que garantam suficiente umidade e nutrientes minerais, para incrementar a produção da cultivar. Para cada tonelada de grão de milho produzido são extraídos cerca de 16,5 kg de N; 9,1 kg de P_2O_5 e 6,1 kg de K_2O (CONTE et al. 2008). O fornecimento de nitrogênio via adubação verde, aumentou gradativamente a altura e o acúmulo de proteína na planta do milho (CONTE et al. 2008), sendo que uma boa produtividade está diretamente ligada a fixação de N no solo (CABRAL da SILVA, 2009).

Nesse sentido, o conhecimento do efeito de diferentes plantas de cobertura do solo e dos teores de carbono orgânico associados a distintos tamanhos de partículas no solo sobre a compactação, dinâmica dos nutrientes e produtividade das culturas pode auxiliar na escolha de critérios de uso e manejo do solo a serem adotados por agricultores da região do Alto Vale do Itajaí-SC e, consequentemente, promover a preservação de sua qualidade.

6. Metodologia

Localização da área experimental

O experimento será conduzido no Instituto Federal Catarinense - Câmpus Rio do Sul – SC, em uma área agricultável da Fazenda, localizada aproximadamente a 5 km da Sede do Câmpus. O experimento será instalado em junho de 2016, como previsão de ser repetido nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020.

Tratamentos

O delineamento experimental adotado será o de blocos ao acaso com parcelas subdivididas com quatro repetições. Nas parcelas serão alocados os tratamentos referentes às espécies de plantas de cobertura (Ervilhaca - *Vicia sativa*, nabo forrageiro – *Raphanus sativus*, Aveia-Preta - *Avena strigosa*, Azévem - *Lolium multiflorum* e testemunha). Cada parcela terá dimensões de 6,7m x 15m, com uma área total de 100m^2. Já as subparcelas terão dimensões de 3,75m x 6,7m (25m^2), nas quais são distribuídas as doses de nitrogênio (0, 100, 200 e 300 kg ha^{-1}). A adubação nitrogenada será realizada em cobertura quando as plantas apresentam 6 folhas completamente desenvolvidas.

Semeadura da adubação verde

A semeadura das espécies de adubos verde será realizada manualmente a lanço, realizando uma gradagem leve na superfície do solo para cobrir as sementes. A semeadura das leguminosas e das gramíneas será realizada sempre no período de maio/junho. A quantidade de sementes distribuídas para a implantação das culturas hibernais será de 65 kg ha^{-1} para a aveia preta, 25 kg ha^{-1} para o azevém, 25 kg ha^{-1} para o nabo forrageiro e 40 kg ha^{-1} para a cultura da ervilhaca. Neste momento também será feita a remoção de toda a fitomassa viva e morta existentes na superfície do solo das parcelas tidas como testemunha.

Manejo da adubação verde

Não será realizado nenhum tratamento fitossanitário para o controle de plantas daninhas, pragas

ou doenças nas espécies hibernais de cobertura do solo. Quanto ao manejo para viabilizar o plantio do milho, este será efetuado quando as mesmas estarem em plena floração com o uso de herbicida dessecante na dosagem recomendada pelo fabricante.

Semeadura do milho

A semeadura do milho será realizada no mês de setembro, onde serão semeadas 8 linhas por bloco. O espaçamento entre linhas utilizado será de 0,80m, procurando estabelecer uma população final de 60.000 planta ha^{-1} (aproximadamente 5 plantas por metro linear de sulco). Como adubação de base será utilizado o fertilizante mineral formulado 07-28-14, sendo a quantidade a ser distribuída, calculada levando em consideração os resultados obtidos na análise química do solo. Para realização do plantio será utilizada uma semeadora-adubadora SEEDMAX adaptada para o plantio direto.

Tratamentos fitossanitários no milho

Logo após a semeadura do milho, estando o solo em condição de umidade adequada, será feita a aplicação de herbicida pré-emergente para o controle das plantas daninhas. Também será realizada a aplicação de inseticida para o controle de pragas, em especial a lagarta do cartucho. Caso venha a ter nova infestação de plantas invasoras, efetuar-se-á uma nova aplicação de herbicida pós-emergente.

Variáveis analisadas no solo

As variáveis serão analisadas em duas etapas. A primeira análise será feita antes da semeadura da adubação verde para levantar dados a respeito dos atributos físicos e químicos iniciais do solo, e a segunda, feita após plena floração das gramíneas e leguminosas utilizadas como adubo verde. Serão coletadas amostras deformadas e indeformadas de solo nas camadas de 0,00 a 0,07m e 0,07 a 0,14m, sendo avaliadas as seguintes variáveis:

Densidade do solo

Para a determinação deste atributo será utilizada a metodologia do anel volumétrico, que possui como característica a coleta de uma amostra de solo com um anel metálico de volume conhecido, sendo essa submetida a secagem em uma estufa com temperatura por volta de 100ºC por 48 horas, em seguida pesada. Após esse procedimento, determinar-se-á a densidade do solo utilizando a seguinte equação:

$$\rho s = MS / VT$$

Onde:
ρs = densidade do solo (Mg m^{-3});
MS = massa do solo seco em estufa (Mg);
VT = volume total do anel (m^3).

Densidade de partículas

A densidade de partículas será determinada medindo-se o volume ocupado por 20g de terra fina seca em estufa (TFSE), com o emprego de álcool etílico como liquido penetrante e balão volumétrico aferido de 50 mL, usando-se a seguinte fórmula:

$$\rho p = MS / (Vbalão - Válcool) = MS / VS$$

Em que:
ρp = densidade de partícula (Mg m^{-3});
MS = massa de solo (Mg TFSE);
Vbalão = volume do balão volumétrico;
Válcool = volume de álcool gasto;

VS = volume ocupado pelas partículas do solo (m^3);

Porosidade total (PT)

A porosidade total do solo será determinada a partir dos valores de densidade do solo e densidade de partículas aplicando-se a seguinte equação:

$$PT = 1 – \rho s / \rho p \, . \, 100$$

Onde:
PT = porosidade total (%);
ρs = densidade do solo (Mg m^{-3});
ρp = densidade de partículas (Mg m^{-3})

Microporosidade (MIC)

Obtida pelo método da mesa de tensão, com amostras saturadas, aplicando-se uma tensão de 60 cm de altura de uma coluna de água, a qual retirará a água dos macroporos (poros com Ø > 0,05 mm). Após as amostras atingirem o equilíbrio, estas serão levadas à estufa a 105ºC, e pesadas novamente após secagem, aplicando a seguinte equação:

Microporosidade = (a – b) / c

Em que:
a = peso da amostra, após submetida a uma tensão de 60 cm de coluna d'água (Mg);
b = peso da amostra seca a 105ºC (Mg);
c = volume do anel (m^3);

Macroporosidade (MAC)

O volume de macroporos é obtido com a seguinte equação:

Macroporosidade = Porosidade Total – Microporosidade

Resistência mecânica do solo a penetração (RP)

Realizadas as coletas das amostras que irão para o laboratório será analisada a resistência à penetração em todas as parcelas na profundidade de 0,14 metros. Este atributo mostra a resistência que o solo oferece no desenvolvimento das raízes. Sua determinação será realizada com um penetrômetro de haste metálica, marca FALKER, modelo Penetrolog 1020. Este equipamento permite registrar valores de resistência mecânica à penetração com intervalos de 0,01 m, possibilitando identificar até que profundidade o tráfego de máquinas interferiu neste atributo físico do solo. Os dados obtidos são expressos em MPa, considerando críticos para o desenvolvimento das raízes valores superiores a 2,00 MPa. Logo após a determinação da RP, amostras deformadas de solo são coletadas nas camadas de 0,00-0,07m e 0,07-0,14m, para a determinação da umidade, uma vez que esta afeta diretamente os valores de RP. Também é determinada a RP nas amostras de solo com estrutura preservada (utilizadas para determinação de densidade do solo), após estas atingirem o equilíbrio depois de submetidas à uma tensão de 0,60m de coluna d'água. Para isto será usado um penetrógrafo eletrônico de bancada Modelo MA-933 com velocidade constante de penetração (5 cm min^{-1}) permitindo registar os dados de RP a cada mm de profundidade.

Condutividade hidráulica em solo saturado

A condutividade hidráulica em solo saturado será determinada pelo método do permeâmetro de carga constante, que neste trabalho consiste de um suporte de madeira sobre o qual são colocados três

funis de plástico (com tela metálica fixada em sua parte superior) e um reservatório de água tipo frasco de Marionette.

São coletadas amostras indeformadas de solo nas camadas de 0,00-0,07m e 0,07-0,14m usando-se um amostrador tipo Uhland, em anéis metálicos de 7 cm de diâmetro x 7 cm de altura. Após a remoção do excesso de terra das bordas dos anéis, a face inferior será protegida por um tecido de náilon preso com elástico para evitar a perda de material, enquanto, na face superior, outro cilindro será preso por fita adesiva transparente, servindo como reservatório de água durante a realização do ensaio.

As amostras serão colocadas em bandejas e gradualmente embebidas por água até a formação de uma lâmina de aproximadamente 10 mm, permanecendo assim por 24h ou mais, aproximando-a da completa saturação. Com o auxílio de uma pisseta, a lâmina de água do cilindro reservatório será elevada para cerca de 40 mm, sendo imediatamente transferidas para os funis (para não se permitir a dessaturação). Uma vez colocadas sobre a tela metálica dos funis, o nível da água no cilindro reservatório será mantido em 30 mm pelo frasco de Marionette. A água que passar através da amostra em um determinado intervalo de tempo será coletada em copos plásticos, sendo pesada numa balança para a determinação da massa e volume de água percolada. Atingida a condição de regime estacionário e, após a determinação do volume de água percolada, para determinação da condutividade hidráulica será aplicada a seguinte equação:

$$Ks= (Va * L)/(A * t (h+L))$$

Em que:
Ks = condutividade hidráulica do solo saturado, em m s^{-1}.
Va = volume de água coletado (ou medido pela bureta de Marionette), em m^3, durante o tempo t (s).
L = comprimento da amostra, em metros.
A = área da seção transversal da amostra, em m^2.
h = potencial de pressão (carga hidráulica) no topo da amostra, em m.

Análise granulométrica

Para a análise granulométrica, a dispersão química será feita com NaOH 1M, associada à agitação mecânica com agitador "stirrer" de alta rotação, durante 15 minutos para cada amostra. Após a agitação, a suspensão será passada em peneira de 53µm, a qual retém a areia e deixa passar a suspensão de silte e argila para uma proveta de 1L. A areia, depois de transferida para uma placa de petri e seca em estufa (105-110ºC), será determinada usando-se uma balança de precisão. A argila será determinada pelo método da pipeta, coletando-se uma alíquota de 50 mL durante o processo de sedimentação da suspensão coletada na proveta. O silte será determinado pela diferença das outras frações em relação à amostra original.

Fracionamento físico da matéria orgânica do solo

Utilizando-se as mesmas amostras coletadas para a determinação da distribuição granulométrica será realizado o fracionamento físico da matéria orgânica. As amostras de solo secas ao ar, moídas até a passagem em peneira de 2 mm, serão analisadas em relação aos teores de carbono orgânico total. Em frascos "snap-cap" de 100 ml, serão adicionados 20g de solo e 60 mL de hexametafosfato de sódio (5 g L^{-1}), que tem a finalidade de auxiliar na dispersão dos agregados do solo, dissolução dos óxidos, oxidação de carboidratos ou solubilização e oxidação de uma determinada fração da MOS, com posterior agitação da suspensão por 15 horas. O solo, após dispersão, será passado em peneira de 53 µm com auxilio de um jato d'água, e o material retido na peneira (fração leve) será transferido para outros recipientes (CAMBARDELLA e ELLIOTT, 1992). A fração do solo que passar pela peneira (fração pesada) será armazenada em uma proveta com 1 litro de capacidade de armazenamento, homogeneizada, com posterior retirada de uma alíquota, sendo quantificado seu teor de MO. As duas

frações da MO (> e < que 53µm), serão secas em estufa à 60 ºC até atingir peso constante, moídas e analisadas quanto ao teor de carbono orgânico total. De mesma forma, através do princípio da sedimentação, auxiliado pela Lei de Stokes, será determinado o teor de carbono associado somente às partículas menores que 2 mm, do tamanho da argila, obtendo-se assim três distintas frações de matéria orgânica associada aos minerais de diferentes formas. Além disso, também será determinado o teor de carbono orgânico associado à argila dispersa em água.

O teor de carbono orgânico em cada camada avaliada será determinado após estas serem moídas a 0,15 mm em gral de Agatha, empregando-se o método da combustão úmida, Walkley & Black modificado (OLIVEIRA et al., 2000). Colocar-se-á em um erlenmeyer de 250 mL 0,5 g de amostra de solo, que tenha passado por peneira 0,2 mm e será adicionado 10 mL de solução normal de $K_2Cr_2O_7$ 1 N, misturando-se solo-solução. Em seguida, serão adicionados 20 mL de H_2SO_4 concentrado, agitando-se o erlenmeyer por um minuto, para garantir a mistura íntima do solo com os reagentes. As amostras serão aquecidas por aproximadamente 1 minuto a 150 °C e em seguida mantidas em repouso por 20 a 30 minutos e concomitantemente é feita uma prova em branco (sem adição do solo). Após esse período de repouso serão adicionados aproximadamente 200 mL de água, 10 mL de H_3PO_4, 0,2 g NaF e dez gotas de difenilamina. Por fim, a solução será titulada com sulfato ferroso amoniacal [Fe $(NH_4)2$ $(SO_4)2$] 0,4 N. O final da titulação será atingido quando a coloração escura se alterar para verde (EMBRAPA, 1999). Os estoques de carbono (Mg ha^{-1}) nas camadas avaliadas em cada tratamento serão calculados utilizando a equação:

$$EstC = (CO \times Ds \times e)/10$$

em que EstC é o estoque de C orgânico para cada camada avaliada (Mg ha^{-1}); CO é o teor de C orgânico total (g kg^{-1}); Ds é a densidade do solo média de cada camada (Mg m^{-3}), determinada a partir de amostras indeformadas e, e é a espessura da camada considerada (cm).

Variáveis analisadas nas plantas de cobertura

As variáveis analisadas nas plantas de cobertura do solo serão realizadas no período de máximo desenvolvimento vegetativos das espécies, ou seja, no florescimento das plantas, determinado-se:

Produção de fitomassa verde

Em cada parcela experimental será lançado ao acaso um quadrado de madeira (com $1m^2$ de área interna), cortando-se junto ao solo todas as plantas inseridas nesta área. A quantidade da fitomassa produzida na área coletada será quantificada com o uso de uma balança de precisão, sendo esta estimada então para um hectare.

Produção de fitomassa seca

Após a quantificação da fitomassa, o material coletado será acondicionado em sacos de papel devidamente identificado, sendo então submetido a secagem em estufa a uma temperatura de 65-70ºC com circulação forçada de ar até atingir peso constante, quantificando-se então em balança de precisão a matéria seca, sendo estimada, respectivamente, para um hectare.

Quantificação do teor de nitrogênio na adubação verde e no milho

Na adubação verde

Após a determinação da quantidade de massa seca produzida pela parte aérea, o material vegetal coletado será triturado em moinho tipo Wiley, provido de facas e peneiras de aço inoxidável. O material triturado será acondicionado em recipientes plásticos até o momento da análise. O procedimento analítico e a metodologia seguida para digestão sulfúrica do tecido vegetal, bem como a

determinação dos teores de nitrogênio é o descrito por Tedesco (1997). Após determinação do teor de N na fitomassa das diferentes espécies de adubos verde, com base na quantidade de massa seca produzida por cada espécie, determinar-se a quantidade de nitrogênio existente em um hectare de lavoura.

Nas plantas de milho

Para determinação do teor de nitrogênio no milho, será coletada a folha inteira oposta e abaixo da primeira espiga (superior), excluída a nervura central. A coleta será efetuada logo o aparecimento da inflorescência feminina (embonecamento), uma vez que é nesta fase que as plantas requerem maior quantidade de nitrogênio. Após a coleta das folhas estas serão lavadas por meio de imersão rápida em água destilada para retirar a poeira, e em seguida submetidas a secagem em estufa a 60 °C até obtenção de peso constante.

A quantificação do nitrogênio proveniente da palhada dos adubos verdes será obtida pela diferença existente entre os tratamentos onde se cultivou as espécies forrageiras e as testemunhas (pousio + doses adicionais de nitrogênio via aplicação de uréia).

7. Impacto econômico e social na resolução de problemas locais e regionais

Ao final deste trabalho será possível verificar qual foi a contribuição das diferentes espécies de plantas de cobertura de solo em melhorar os atributos físicos nas camadas superficiais do solo, bem como em incrementar o teor de C orgânico do solo, podendo assim indicá-las para os produtores rurais. Além disso, também possibilitará quantificar o nitrogênio fornecido pelas culturas hibernais de cobertura do solo para cultura do milho, indicando assim a mais promissora para os produtores rurais, viabilizando a utilização racional dos fertilizantes nitrogenados fixados industrialmente, e consequentemente, melhorar a viabilidade econômica da cultura do milho, contribuindo desta forma para uma agricultura que menos agressiva ao meio ambiente. Como atividades de extensão, o experimento também será ser utilizado, assim como os seus resultados, para a melhoria das aulas práticas da disciplina de Agricultura II do curso Técnico em Agropecuária e nas disciplinas de culturas anuais de inverno e verão do curso de Engenharia Agronômica, bem como para a realização de dias de campo com a comunidade interna e externa.

8. Proposta de transferência do conhecimento desenvolvido para o Arranjo Produtivo Local

A divulgação dos resultados obtidos à comunidade será feito através de apresentações em eventos de extensão e de pesquisa nos quais a comunidade externa terá amplo acesso, publicação de resumos nos anais destes eventos bem como de artigos em periódicos científicos, ficando estes disponíveis para consulta conforme interesse da população.

Além disso, durante o desenvolvimento deste estudo, como estarão envolvidos alunos do curso Técnico do IFC, pretende-se levar turmas dos cursos relacionados à área agrícola (Técnico em Agropecuária, Agroecologia, Agronomia, e outros) para que estes visualizem a campo o potencial das diferentes espécies de adubação verde em proporcionar melhoria nos atributos físicos do solo, sequestro de C e fornecimento de N para a cultura do milho.

9. Processo de Inovação (indicar o tipo de inovação proposto na pesquisa) **Máximo uma página**

( ) Inovação Tecnológica

(X) Tecnologia Social

Explique:

Não será desenvolvido nenhum processo de inovação tecnológica, no entanto conforme os resultados obtidos, estes poderão ser utilizados para incentivar o uso destas espécies de plantas de cobertura em áreas sob Plantio Direto, favorecendo e contribuindo para a adoção e expansão desta forma conservacionista de cultivo na região, seja ele pequeno ou médio produtor rural.

10. Impacto no desenvolvimento institucional e do aluno

Neste projeto, como atuarão como bolsistas alunos do Ensino Superior e do Ensino Médio, será possível verificar a importância desta atividade científica realizada pelos mesmos no enriquecimento de seu aprendizado, uma vez que, devido a necessidade de buscar novas informações, poderão sair melhor preparados para o mercado de trabalho, ou para continuar os estudos, quando comparados a alunos que não se envolvem com atividades desta natureza. Além disso, os resultados obtidos serão apresentados e publicados em eventos regionais e nacionais, contribuindo assim para a divulgação da Instituição, e principalmente, enriquecendo a produção científica do IFC.

11. Expectativa do projeto na geração de propriedade intelectual (Propriedade Intelectual: soma dos direitos relativos a direitos autorais e de imagem, patente de invenção, modelo de utilidade, marcas, programas de computador, desenho industrial, indicação geográfica, denominação de origem, cultivares e topografia de circuitos integrados. **Máximo uma página**

( ) Sim
(X) Não
Qual?

12. Quantidade e justificativa do número de bolsas solicitadas

Quantidade	Justificativa
(X) Uma	Como no projeto pretende-se atuar com alunos do Ensino Médio e de Graduação para realização das diversas atividades inerentes ao mesmo, acredita-se que uma bolsa para um aluno de graduação seja o suficiente para o desenvolvimento das atividades planejadas.
( ) Duas	

13. Plano de atividades a serem realizadas pelo aluno Bolsista 01

Nº	Atividades planejadas	(2016)					(2017)						
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J
01	Preparo da área experimental, demarcação das parcelas e semeadura das espécies de adubos verde.	X	X										
02	Coleta das amostras indeformadas de solo para determinação dos atributos físicos do solo e realização das análises laboratoriais necessárias para caracterização física inicial do solo.	X	X										
03	Coleta das amostras deformadas de solo para determinação dos atributos físicos e químicos e realização das análises laboratoriais necessárias para caracterização inicial do solo.	X	X										
04	Coleta de amostras da parte aérea das plantas de cobertura de determinação da massa fresca e seca produzida.	X	X										
05	Quantificação do C orgânico existente nos diferentes compartimentos do solo.			X	X								
06	Manejo das espécies de adubos verde e semeadura		X	X	X								

	do milho.												
07	Quantificação do teor de nitrogênio existente na fitomassa de cada espécies vegetal utilizada como planta de cobertura do solo.		X	X	X								
08	Tratamentos fitossanitários necessários para o desenvolvimento da cultura do milho e aplicação de fertilizante nitrogenado.			X	X	X	X	X	X	X			
09	Tabulação dos dados, realização das análises estatísticas, interpretação dos resultados, redação de artigos científicos, relatórios e publicação em eventos e periódicos.										X	X	X

13.1 Plano de atividades a serem realizadas pelo aluno Bolsista 02, se houver

Nº	Atividades planejadas	(2016)					(2017)						
		A	S	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J

14. Identifique as parcerias e/ou convênios que compõem o projeto, se houver

Com o desenvolver do projeto, será possível realizar parceria com algumas agropecuárias da região, as quais acabam fornecendo as sementes e insumos para o experimento. Além disso, pretende-se no decorrer do experimento, realizar parceria com Cooperativas tais com COOPERCAMPOS, CRAVIL, COOCAM, dentre outras.

15. Orçamento Detalhado e Financiamento – com indicação da contrapartida do IFC (

Os materiais necessários para as análises já estão a disposição no Lab. De Solos do IFC, no entanto para fins de reposição, solicita-se os seguintes itens:
- Reagentes para análises químicas de solo e de tecido vegetal;
- Tubos de ensaio para digestão;
- Sacos de papel com capacidade de 5kg (1000 unidades);

16. Descrever a infraestrutura existente para a execução do projeto. Máximo uma página

Todos os itens necessários para o desenvolvimento deste trabalho já estão disponíveis no IFC, sendo, a área experimental disponibilizada pelo Setor de Agricultura II, os equipamentos, material de consumo e reagentes disponibilizados pelo Laboratório de Solos do IFC. O trator para o preparo do solo, bem como o maquinário necessário para a semeadura das culturas de interesse comercial, será disponibilizado pelo setor de Mecanização agrícola. O deslocamento da Sede até a Fazenda onde será realizado o experimento será fornecido pelo IFC.

17. Limitações e Dificuldades

Uma das principais limitações é o tempo disponível para os bolsistas realizarem os trabalhos de campo e laboratório, pois como estes tem aula período integral, será necessário estes realizarem as atividades após o horário de aula, bem como em finais de semana. Além disso, como a Fazenda é uma área distante da Sade, pode eventualmente, a cultura de interesse comercial vir a ser atacada por animais silvestres, porém para evitar estes danos, pretende-se efetuar o monitoramento periódico da área e utilizar técnicas legalmente permitidas para afugentar os mesmos.

18. Referências

AHRENS, D. C.; KRZYZANOWSKI, F. C. Efeito do beneficiamento de sementes de tremoço azul sobre suas qualidades física, fisiológica e sanitária. *Scientia Agricola*, Piracicaba, vol.55, n.2. mai./ago. 1998.

ALCÂNTARA, F. A.; NETO, A. E. F.; PAULA, M. B.; MESQUITA, H. A.; MUNIZ, J. A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo vermelho-escuro degradado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.35, n.2, fev. 2000.

ALVARENGA, R. C., COSTA, L.M, MOURA FILHO, W., REGAZZI, A.J. Crescimento de raízes de leguminosas em camadas de solo compactadas artificialmente. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v.20, p.319-326. 1996.

AMADO, T. J. C; MIELNICZUK, J. & AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. Revista Brasileira Ciência Solo, Rio Grande do Sul, 2002.

BEUTLER, A. N.; ELTZ, F. L. F.; RABENSCHLAG DE BRUM, A. C.; LOVATO, T. Fornecimento de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno e de verão para o milho em sistemas de plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.27, n.4, out./dez. 1997.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, n.1, p.91-98, 1990.

BROWN, S. et al. Soil biological processes in tropical ecossystems. In: WOOMER, P. L.; CALEGARI, A. et al. Impact of Long-Term No-Tillage and Cropping System Management on Soil Organic Carbon in an Oxisol: A Model for Sustainability. *Agronomy Journal*, v. 100, p. 1013-1019, 2008.

CABRAL da SILVA, E.; MURAOKA, T.; VILLANUEVA, F. C. A.; ESPINAL, F. S. C. Aproveitamento de nitrogênio pelo milho, em razão da adubação verde, nitrogenada e fosfatada. *Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília*, v.44, n.2, fev.2009.

CAMBARDELLA, C. C.; ELLIOTT, E. T. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. Soil Science Society of America Journal, v. 56, p. 777-783, 1992.

CARDOSO, E.G.; ZOTARELLI, L.; PICCININ, J.; TORRES, J. Distribuição do sistema radicular da cultura da soja em função do manejo do solo. In: Congresso Brasileiro De Ciência Do Solo, 29., 2003, Ribeirão Preto. Anais... Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. 1 CD-ROM.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: grãos, sexto levantamento, 2011 /. – Brasília, 2011.

CONCEIÇÃO, P. C. Indicadores de qualidade do solo visando a avaliação de sistemas de manejo do solo. Santa Maria: UFSM, 2002. 125 p.

CONTE E., CASTRO, A.M.; PREZOTTO, A.L. Desempenho agronômico do milho em sistemas de adubação verde. *Agrarian*, v.1, n.2, p.35-44 out./dez. 2008.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. Manual de Análises Químicas de Solos, Plantas e Fertilizantes. SILVA, F. C. da coord. Campinas: Embrapa Informática Agropecuária; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 1999. 370p.

JIMENEZ, R. L.; GONÇALVEZ, W. G.; FILHO, J. V. de A.; ASSIS, R. L.; PIRES, F. R.; SILVA, G. P. Crescimento de plantas de cobertura sob diferentes níveis de compactação em um Latossolo Vermelho. *Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental*, Campina Grande, vol.12, n.2, mar./abr. 2008.

MACARI; S.; GOMES DA ROCHA, M.; RESTLE, J.; PILAU, A.; KELLERMANN, F. F.; NEVES, F. P. Avaliação da mistura de cultivares de aveia preta (*Avena strigosa* Schreb) com azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) sob pastejo. *Ciência Rural*, Santa Maria, vol.36, n.2, jun. 2006.

MIELNICZUK, J. Matéria orgânica e a sustentabilidade de sistemas agrícolas. In: SANTOS, G. A. & CAMARGO, F. A. O., eds. Fundamentos da matéria orgânica do solo. *Ecossistemas tropicais e subtropicais*. Porto Alegre: Genesis, 1999. p. 1-8.

MÜLLER, M. M. L.; CECCON, G. & ROSOLEM, C. A. Influência da compactação do sole em superfície sobre o crescimento aéreo e radicular de plantas de adubação verde de inverno. *Revista Brasileira Ciência Solo*, 2001.

OLIVEIRA, S. A.; MESQUITA FILHO, M. V.; SOUZA, A. F.; FONTES, R. R. Análises químicas de solo e de calcário para fins de fertilidade do solo. Brasília: Ed. Universidade de Brasília, 31 p. 2000.

PEDROSO, M. T. Manejo do Solo. Portal Agroecologia, Fortaleza, 2005. Disponível em: <http://www.agroecologia.inf.br/secoes.php?vidcanal=23>. Acessado em 27 de out. 2011.

SCHLESINGER, W. H. Biogeochemistry and analysis of global change. San Diego: *Academic Press*, 1991.

SILVA, H. P. Infiltração de água em um Podzólico Vermelho-Escuro fisicamente degradado em processo de recuperação. Porto Alegre: UFRGS, 1986. 105p. Dissertação Mestrado.

TEDESCO MJ; GIANELLO C; BISSANI CA; BOHNEN H; VOLKWEISS SJ. 1995. Análise do solo, plantas e outros materiais. 2. ed. Porto Alegre: Departamento de Solos – UFRGS. 174 p.

VALICHESKI, R.R.; GROSSKLAUS, F.; STÜRMER, S.L.K; TRAMONTIN, A.L.; BAADE, E.S.A.S. Desenvolvimento de plantas de cobertura e produtividade da soja conforme atributos físicos em solo compactado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. 16:969-977, 2012.

VARGAS, L.; MORAES, R.M.A.; BERTO, C.M. Herança da resistência de azevém (*Lolium multiflorum*) ao glyphosate. *Planta Daninha*, Viçosa, vol.25, n.3, jul./set. 2007.

VASCONCELLOS, Carlos A.; FILHO, Israel A. P.; CRUZ, José Carlos. Adubação para o milho verde. EMBRAPA (*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária*), Sete Lagoas MG, 1ª edição, 2002.

VEZZANI, F. Qualidade do sistema solo na produção agrícola. 2001. 184 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.