



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL
CAMPUS CERRO LARGO/RS
CURSO DE AGRONOMIA

ÉVERSON MOACIR THOMAS

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO EM CULTIVO SOLTEIRO NO
FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO PARA O MILHO SAFRINHA**

CERRO LARGO/RS

2018

ÉVERSON MOACIR THOMAS

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO EM CULTIVO SOLTEIRO NO
FORNECIMENTO DE NITROGÊNIO PARA O MILHO SAFRINHA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção de grau
de Bacharel em Agronomia da Universidade
Federal da Fronteira Sul – *Campus* Cerro Largo.

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

CERRO LARGO/RS

2018

Bibliotecas da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS

Thomas, éverson Moacir

Plantas de cobertura de verão em cultivo solteiro no fornecimento de nitrogênio para o milho safrinha / éverson Moacir Thomas. -- 2018.

40 f.:il.

Orientador: Doutor Renan Costa Beber Vieira.

Co-orientador: Doutor Douglas Rodrigo Kaiser.

Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia, Cerro Largo, RS , 2018.

1. Introdução. 2. Revisão Bibliográfica. 3. Materiais e Métodos. 4. Resultados e Discussão. 5. Considerações Finais. I. Vieira, Renan Costa Beber, orient. II. Kaiser, Douglas Rodrigo, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

ÉVERSON MOACIR THOMAS

**PLANTAS DE COBERTURA DE VERÃO EM CULTIVO SOLTEIRO NO
FORNECIMENTO DE NITROGENIO PARA O MILHO SAFRINHA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira Sul

Orientador: Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira

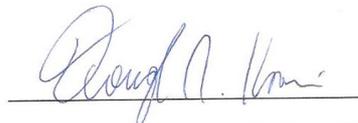
Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em:

07/12/2018

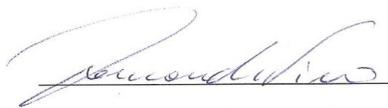
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Renan Costa Beber Vieira - UFFS



Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser - UFFS



Prof. Dr. Fernando Viero - IFFar

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradecer a Deus que permitiu que eu atingisse esse objetivo, por ter dado saúde e forças para seguir em frente nessa caminhada.

Agradecer aos meus pais Libano e Jacinta e meus irmãos Edson e Tailene, por todo incentivo e amor dedicado ao longo destes anos, e que sempre me apoiaram nos momentos difíceis para que este sonho torna-se realidade.

Ao minha namorada Maíra, por todo amor, carinho, apoio e incentivo e compreensão durante essa etapa.

Ao meu professor orientador Dr. Renan Costa Beber Vieira, por todo apoio, incentivos, amizade, auxílio e compreensão oferecidos durante a elaboração do trabalho de conclusão de curso, teus ensinamentos e conselhos serão pra sempre lembrados.

Aos meus colegas de curso e companheiros de laboratório, Hyago, Romano, Rodrigo, Leandro, Francis, Mateus, Gustavo e Christian que auxiliaram no trabalho.

Há todos os professores envolvidos nas disciplinas durante graduação, meu muito obrigado pela atenção e conhecimentos ensinados.

O meu muito obrigado a todos meus colegas e amigos, que de uma ou outra forma contribuíram nesta etapa da minha vida.

RESUMO

Na região sul do Brasil o modelo agrícola mais utilizado é o sistema de plantio direto, com o uso de plantas de coberturas, principalmente no inverno, sendo muito pouco difundido o uso de plantas de cobertura de verão. A utilização das plantas de cobertura geralmente é retrato apenas como um meio de diminuir o aparecimento e estabelecimento de plantas espontâneas, não levando em consideração o potencial de reciclagem ou fixação de nutrientes pelas plantas. O presente estudo tem como objetivo avaliar o uso de plantas de cobertura de verão em cultivo solteiro, no fornecimento de nitrogênio para o milho safrinha. O trabalho foi conduzido nos anos agrícolas de 2017/2018 em Cerro Largo-RS, em Latossolo Vermelho, em delineamento de blocos ao acaso, com parcelas principais (10 X 3,5 m) com 4 repetições, foram estabelecidas plantas de cobertura e posterior subdivididas na cultura subsequente, o milho, com e sem a utilização de adubação nitrogenada. Foram avaliados cinco plantas de cobertura, milheto (*Pennisetum glaucum* L), capim sudão (*Sorghum bicolor* cv. *sudanense*), crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L), feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) e pousio em cultivo solteiro. Foram realizadas as avaliações de rendimento de matéria seca da parte aérea (MSPA), quantidade de nitrogênio (N) acumulado, decomposição e liberação de N da MSPA das plantas de cobertura. Durante o cultivo do milho foram avaliados os teores de N mineral no solo, rendimento de grãos e peso de mil grãos (PMG). O milheto produziu a maior quantidade de MSPA e acumulou quantidade de N semelhante ao feijão de porco, apesar da leguminosa ter produzido 52 % da MSPA da gramínea. As culturas de feijão de porco, milheto e crotalária incrementaram a produtividade de milho em relação ao pousio e ao capim sudão quando não foi utilizado N mineral. Mesmo com suprimento mineral de N para o milho, as plantas de cobertura incrementaram o rendimento de grãos, principalmente com o uso de feijão de porco e milheto.

Palavras-chave: Adubação verde. Nitrogênio mineral. *Zea mays*.

ABSTRACT

In the southern region of Brazil, the most utilized agricultural model is the no-tillage system of planting, with the usage of cover crops, mostly in winter, which is scarcely used during summer. The usage of cover crops is normally delineated as mere tool to diminish the growth and establishment of spontaneous plants, not being taken in account the recycle or nutrients fixation potential of these crops. The following study aimed to evaluate the usage of cover plants on summer single crops, for nitrogen supply on serafin maize. The search was conducted during the agricultural years 2017/2018 in Cerro Largo-RS, at Latossolo Vermelho. In a randomized block design, with plots (10 X 3,5 m) with 4 replicates, were established with cover crops and posterior subdivided in a subgroup culture, the maize, with or without nitrogen fertilization. Five cover crops were evaluated, millet (*Pennisetum glaucum L*), sudan grass (*Sorghum bicolor cv. sudanense*), crotalaria juncea (*Crotalaria juncea L*), jack beans (*Canavalia ensiformes*) and land set-aside of single crops. The evaluation of dry matter yield assessments of the area (DMYA), cumulated nitrogen quantity (N), decomposing and liberation of N from DMYA of cover crops were developed. During the cultivation of maize were evaluated the mineral N content in the soil, the grain yield and weight of a thousand grains (WTG). The millet produced the greater quantity of DMYA and accumulated an N quantity similar to the jack beans, despite this legume had produced 52% of DMYA of the gramineae. The jack beans, millet and crotalaria crops increased the maize productivity in comparison to the land set-aside and to the sudan grass when not utilized the mineral N. Even with N supplement for the maize, the cover crops increased the grain productivity, particularly with the usage of jack beans and millet.

Keywords: Green Fertilization. Mineral Nitrogen. *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) durante o período de condução do milho.....	21
Figura 2 - Porcentagem de matéria seca remanescente das plantas de cobertura de verão ao longo tempo.....	25
Figura 3 - Liberação de nitrogênio acumulado das plantas e cobertura de verão durante a cultura do milho.....	27
Figura 4 - Porcentagem nitrogênio remanescente na MSPA remanescente das plantas de cobertura de verão.	28

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Características físico-químicas do solo do local do experimento nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm.	19
Tabela 2 - Matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura de verão remanescente aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.	24
Tabela 3 - Quantidade de nitrogênio na MS remanescente das plantas de cobertura aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags	26
Tabela 4 - Nitrogênio mineral após 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.	29
Tabela 5 - Produtividade e peso de mil grãos de milho com e sem uso de adubação nitrogenada.	30
Tabela 6 - Umidade do solo aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.	31

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	11
1.1. OBJETIVO.....	11
1.1.1 Objetivos específicos	12
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1. PLANTAS DE COBERTURA.....	13
2.2. GRAMÍNEAS COMO PLANTAS DE COBERTURA.....	14
2.2.1 Milheto (<i>Pennisetum glaucum L.</i>)	15
2.2.2 Capim Sudão (<i>Sorghum bicolor cv. sudanense</i>)	15
2.3. LEGUMINOSAS COMO PLANTAS DE COBERTURA.....	16
2.3.1 Crotalária Juncea (<i>Crotalaria juncea L.</i>)	16
2.3.2 Feijão de Porco (<i>Canavalia ensiformes</i>)	17
2.4. MILHO PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	19
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. PRODUÇÃO DE MATERIA SECA E DECOMPOSIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA.....	23
4.2. LIBERAÇÃO DE N PELAS PLANTAS DE COBERTURA.....	25
4.3. PRODUTIVIDADE DE MILHO EM SUCESSÃO.....	30
5. CONCLUSÃO	33
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	34
REFERÊNCIAS	36

1. INTRODUÇÃO

O sistema plantio direto vem beneficiando a produção de milho no Rio Grande do Sul e no restante do país, correspondendo a cerca de 39% da produção de grãos (CONAB, 2017). Sua produção é de suma importância para a alimentação humana e animal, além de servir como matéria prima para o biodiesel e outros produtos da indústria. Diante disso, o plantio direto no Brasil pode ter sido um dos fatores que contribuiu para o aumento da produtividade do milho, que alcançou na safra 2016/2017 uma média de 5.562 kg ha⁻¹ comparados aos dados da safra de 2003/2004 que atingiu pouco mais de 3.000 kg ha⁻¹ (CONAB, 2018).

Para alcançar alta produtividade de milho são necessárias altas doses de nitrogênio, sendo esse o nutriente limitante e de maior custo para a produção, quando comparado aos outros. Para isso, o plantio direto desde seu início na década de 80, preconiza a utilização de rotação de culturas, com a introdução de plantas de cobertura para a reciclagem de nutrientes, adição de palhada ao solo, e cobertura vegetal. As plantas mais utilizadas como antecessoras ao milho são as leguminosas, pois possuem associação simbiótica nas raízes, capazes de realizar a fixação biológica de nitrogênio (N), posteriormente liberando-o pela sua decomposição.

As gramíneas e as leguminosas de verão, apresentam maiores potenciais em produzir biomassa, pois se desenvolvem em períodos de maior radiação solar. Porém, as gramíneas, por alcançarem maior produção de massa seca quando comparadas às leguminosas, têm maior relação C/N, e acabam por os microrganismos imobilizarem o nitrogênio do solo para fazer a decomposição dos resíduos, desta maneira causando prejuízos nutricionais ao milho cultivado em sucessão.

Apesar das vantagens do cultivo de leguminosas e gramíneas de verão, há poucos estudos atribuídos aos benefícios do cultivo destas plantas de cobertura antecedendo à cultura do milho no estado do Rio Grande do Sul, uma vez que culturalmente existe uma pressão econômica em produzir grãos, em períodos de maior radiação solar, a fim de atingir maiores potenciais de produtividade.

1.1. OBJETIVO

- Avaliar o uso de plantas de cobertura de verão em cultivo solteiro, no fornecimento de nitrogênio para o milho safrinha.

1.1.1 Objetivos específicos

- Avaliar a produtividade de matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura de verão, a sua decomposição e liberação de nitrogênio para o solo.

- Avaliar a produtividade do milho com o fornecimento de N pelas plantas de cobertura e com suprimento mineral adicional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. PLANTAS DE COBERTURA

O sistema de plantio direto (SPD) desde o seu início em meados da década de 80, surgiu como um conceito de exploração de sistemas agrícolas que compreendia a utilização de métodos que permitiam o mínimo revolvimento possível, a fim de evitar erosão do solo, e de modo que houvesse conservação da cobertura sobre o solo, buscando a rotação de espécies com o uso de plantas de cobertura em períodos de pousio entre safras.

Com a consolidação do SPD as plantas de cobertura tiveram grande importância na rotação de culturas, não somente na manutenção de cobertura no solo, mas também na melhoria de características físico-químicas do solo, além ainda de servir como competição para plantas espontâneas, uma vez que estas plantas atingem camadas sub-superficiais de solo, trazendo para a superfície nutrientes e liberando-os durante a decomposição das mesmas (DUDA et al., 2003; GAMA-RODRIGUES et al., 2007). A adição de palhada tem como propósito a manutenção e melhoria da matéria orgânica do solo, que auxilia na capacidade de retenção de água, melhoria das condições físicas e edáficas do solo para decompositores, e da fertilidade do solo (SANTOS; TOMM, 2003).

Sobre as características e períodos para a implantação dessas plantas deve-se escolher espécies que condizem para o melhor manejo da área e posterior utilização, a fim de buscar plantas que têm maior eficiência e potencial de produção de matéria seca (gramíneas) e também incremento de nitrogênio (leguminosas), via fixação biológica de nitrogênio (FBN) para o solo. Todavia, a resposta da cultura subsequente depende da relação C/N do material, das características do solos, do clima, e da cultura de sucessão (LAL, 1986; AMABILE et al., 1994).

O material vegetal com alta relação C/N possibilita a conservação da palhada do solo, no entanto, imobiliza boa parte do nitrogênio que estaria disponível para a cultura posterior. A duração dos restos culturais sobre o solo é definida pela velocidade de decomposição dos mesmos, que se relaciona ao manejo empregado, ao grau de trituração do resíduo, à umidade, e à temperatura (BERTOL et al., 1998).

Quanto mais rápida for sua decomposição, maior é a velocidade de liberação dos nutrientes, diminuindo a proteção de solo (GODOI, 2010) possibilitando o aparecimento de plantas daninhas.

Segundo Chaves & Calegari (2001) para a escolha de espécies de plantas de cobertura deve-se fazer a seleção das espécies que se sobressaem em produção elevada de massa seca, capacidade de cobrir o solo, eficiência simbiótica com microrganismos e reciclagem de nutriente.

2.2. GRAMÍNEAS COMO PLANTAS DE COBERTURA

As gramíneas cultivadas no verão tem maior potencial de produção de massa seca (MS) do que as cultivadas no inverno, devido ao seu desenvolvimento em períodos de maior luminosidade solar. Desta forma, o cultivo de gramíneas como plantas de cobertura no verão pode ser muito vantajoso para o sistema de produção, por proporcionar uma boa cobertura do solo (FILHO et al. 2003), além de favorecer a ciclagem de nutrientes e adicionar carbono ao solo. Entretanto, a alta relação C/N destas culturas acarreta em uma lenta decomposição da MS após manejadas, favorecendo a imobilização do nitrogênio do solo e limitando sua disponibilidade à cultura adjacente.

As gramíneas como plantas de cobertura de verão são pouco utilizadas na região das Missões, RS, em virtude da pressão econômica do cultivo da soja e milho, além da questão cultural do não uso de culturas sem 'colheita de grãos' e da baixa disponibilidade regional de sementes para o cultivo. Contudo, essas culturas são utilizadas na região do Cerrado em grande escala (LARA CABEZAS et al., 2004), apresentando maior resistência a déficits hídricos e maior potencial em produzir biomassa. Além disso, as culturas de cobertura no Cerrado possuem um menor custo de sementes que as leguminosas, além da decomposição mais lenta dos seus resíduos, o que é de extrema importância para a região, visto que dispõe de alta temperatura e umidade no verão (SOUSA; LOBATO, 2004), o que acelera os processos de decomposição.

2.2.1 Milheto (*Pennisetum glaucum* L.)

Gramínea anual muito utilizada no Cerrado brasileiro, com grande potencial de cobertura de solo, também usada como forrageira para bovinos, servindo de grande aliada ao plantio direto. Possui boa adaptação a diversos tipos de solos, incluindo pobres em fertilidade, devido à capacidade em extrair nutrientes. Além disso, apresenta aptidão em tolerar períodos sem chuvas, porém não se desenvolve bem em solos encharcados (SMITH; CLARK, 1968). Quando utilizado como pastoreio pode chegar a produzir 70 toneladas de massa verde por hectare. Em lavouras de plantio direto onde se utiliza como planta de cobertura, usa-se altas densidades de sementes para resultar em rápida cobertura do solo, obtendo uma massa seca de baixa relação C/N e de ligeira decomposição (FILHO et al, 2003).

Seu ciclo no estado do Rio Grande do Sul, é em torno de 100 dias, apesar de possuir produção estacional relativamente curta, tem destaque expressivo na pecuária de corte, devido ao elevado potencial em produzir matéria seca por hectare (HERINGER; MOOJEN, 2002).

2.2.2 Capim Sudão (*Sorghum bicolor* cv. *sudanense*)

O Capim Sudão, assim como o milheto, possui boa resistência a déficits hídricos, porém BOGDAN (1977) ressalta que a cultura apresenta limitações quando implantada em áreas úmidas, uma vez que a espécie tem boa adaptação a climas secos e quentes, necessitando de altas temperaturas para crescer. No sul do Brasil, essa espécie é utilizada no cultivo de pastagens de verão para pecuária de corte e leite, apresentando escassos estudos relacionadas à utilização como planta de cobertura.

O capim sudão possui grande variação de produtividade, dependendo do solo, fertilidade, precipitação, época, local e ano de cultivo. Sua produtividade pode variar de pouco mais de 6000 kg ha⁻¹ e chegar a ultrapassar 24000 kg ha⁻¹, segundo estudos realizados por BORGES (2014).

2.3. LEGUMINOSAS COMO PLANTAS DE COBERTURA

As leguminosas têm como característica principal a associação simbiótica com bactérias que são capazes de transformar o N₂ atmosférico em NH₃⁻ no processo de fixação biológica de nitrogênio (FBN) (SILVA et al., 2006; AITA; GIACOMINI, 2006). Além disso, as leguminosas possuem a capacidade de substituir parcial ou totalmente fertilizante nitrogenado para as culturas de sucessão, o que resulta em menores custos de produção e impactos ao ambiente (SILVA et al., 2006; ALMEIDA et al., 2007). Conforme SÁ (1996), pode-se ter uma economia de 50 % nos custos com adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão de leguminosas, devido à baixa relação C/N, aliada a grande presença de compostos solúveis que favorecem uma rápida decomposição e mineralização. As leguminosas também apresentam notáveis quantidades de fósforo, potássio e cálcio na sua biomassa, proporcionado pelo seu sistema radicular ramificado e profundo, permitindo a reciclagem de nutrientes pela planta, disponibilizados para culturas subsequentes durante a decomposição (COSTA, 1993).

Apesar de auxiliarem na nutrição de culturas posteriores, as leguminosas assim como as gramíneas de verão são poucas utilizadas no noroeste gaúcho, pois necessitam de vários meses de desenvolvimento para apresentarem resposta para a cultura sucessora, impossibilitando as culturas de grãos, como o milho, atingir elevada produtividade. Sem que se leve em consideração o fator água, o milho atinge sua maior produtividade quando coincide o estágio de maior área foliar (florescimento) com dias de maiores incidência de radiação solar, ou seja, dias mais longos, geralmente meados da segunda quinzena de dezembro (EMYGDIO et al., 2013).

2.3.1 Crotalária Juncea (*Crotalaria juncea* L.)

Leguminosa arbustiva originária do Paquistão, introduzida no Brasil inicialmente como planta recuperadora de solo, apresenta boa rusticidade, e rápido crescimento inicial, podendo chegar a 3 metros de altura, aliado à precocidade (SALGADO et al., 1984). Dessa forma, se destaca no controle de plantas invasoras, apresenta eficiente produção de massa seca (6 a 8 t ha⁻¹), fixação de nitrogênio variando de 180 a 300 kg ha⁻¹, e produção de 40 a 60 t ha⁻¹ de biomassa verde (FORMENTINI et al., 2008). Segundo Bifon et al. (2001), a *Crotalaria juncea* superou

a produção de 10 t ha⁻¹ de MS e fixou 344 kg ha⁻¹ de N. Porém, Wutke (1993) destaca que nem sempre a produção de fitomassa está relacionada ao aumento da produção da cultura subsequente.

Para a semeadura, recomenda-se espaçamento de 50 cm entre linha e de 22 a 27 sementes por metro linear, necessitando em torno de 25 kg ha⁻¹ (FORMENTINI et al., 2008). Corroborando com o descrito por ARAÚJO et. al., (2005), tem boa adaptação a diversos tipos de solos, mesmo pobres, melhorando a fertilidade do solo pela adição de N no sistema via fixação biológica.

2.3.2 Feijão de Porco (*Canavalia ensiformes*)

Originário da América Central, apresenta crescimento indeterminado e hábito arbustivo, sua altura varia de 80 cm a 100 cm. O feijão de porco tolera altas temperaturas e áreas parcialmente sombreadas, e não resiste a geadas (CALEGARI et al., 1993). Esta planta tem sua importância por apresentar rusticidade em adaptar-se a diferentes regiões e solos pobres.

Embora se obtenha vantagens no seu uso como planta de cobertura de verão na região Sul do Brasil, a sua utilização ainda é restrita e pouco difundida, devido aos poucos conhecimentos, trabalhos e pesquisas relacionadas.

2.4. MILHO PARA PRODUÇÃO DE GRÃOS

O milho (*Zea mays*) é um dos principais cereais cultivados no mundo, sendo utilizado para diversos fins, como na alimentação humana e animal, e como matéria prima para indústrias. No Brasil, a expectativa de produção de milho 2017/2018 foi de aproximadamente 89 milhões de toneladas, sendo que a região Sul produz em torno de 24 % dessa produção (CONAB, 2018). Além da importância econômica, Cruz et al. (2006), ressalta a importância social que ele emprega, pois grande parte de agricultores familiares o cultivam como subsistência. Nesse tipo de cultivo, a produtividade geralmente é pequena devido à baixa fertilidade do solo (COELHO; FRANÇA, 1995),

Devemos destacar que nos últimos 40 anos, a produção de milho teve um crescente aumento, passando de 20 milhões de toneladas da safra 76/77 para mais de 85 milhões na safra 16/17 (CONAB, 2017). Esse aumento está relacionado aos

avanços tecnológicos, ao uso de híbridos mais produtivos, e a melhoria das características físico-químicas do solo. COELHO (2008), destaca que essa melhoria normalmente está associada a boas práticas de manejo dos solos, que engloba rotação de culturas, adubação verde, plantio direto, calagem, além da utilização de uma adubação equilibrada tanto em N, P, K, Ca, S e Mg, como em micronutrientes.

Deste modo, o uso das plantas de cobertura antecessoras ao milho possuem grande importância, pois elas reciclam nutrientes e os fornecem para o milho através da sua decomposição, reduzindo os custos de produção (TEIXEIRA, 2010). Durante a decomposição, a mineralização e imobilização é controlada por vários fatores bióticos, como umidade e temperatura do solo, aspectos físico-químicos do solo, e principalmente a fonte de resíduo gramínea ou leguminosa, tamanho e presença da fauna edáfica (HEAL et al., 1997; CORREIRA; ANDRADE, 1999), e disponibilidade de nitrogênio inorgânico (MARY et al., 1996; MOREIRA; SIQUEIRA, 2006). Do ponto de vista prático, as leguminosas com baixa relação C/N apresentam rápida decomposição, sendo que em pouco tempo será mineralizada pelo solo e disponibilizada para a cultura do milho, o que coincide com a maior demanda de nitrogênio pelo milho, que ocorre nos estágios iniciais (YAMADA, 1996), diferentemente das gramíneas, que em geral apresentam alta relação C/N, imobilizando o nitrogênio e causando deficiência para a cultura.

Com isso, podemos perceber que a recomendação de adubação nitrogenada para a cultura do milho segundo o Manual de Calagem e Adubação para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina 2016 (CQFS-RS/SC 2016) é baseada na matéria orgânica do solo e na cultura antecessora. Uma vez que em teores iguais de matéria orgânica do solo, a recomendação tem uma diferença de 20 a 40 kg ha⁻¹ de N para a cultura, dependendo se a cultura antecedente é leguminosa ou gramínea de baixa, média e alta produção de massa seca. Essa diferença se deve pela compensação originada geralmente pelo fato dos microrganismos imobilizarem o nitrogênio do solo para decomposição.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido a campo no ano agrícola de 2017/2018, no município de Cerro Largo, Rio Grande do Sul, situada a 28° 11' 7" S e 54° 41' 18" O, numa altitude de 193 metros, o solo é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2006), pertencente a unidade de mapeamento Santo Ângelo. Previamente à realização do estudo foi coletada uma amostra de solo, a fim de avaliar as propriedades químicas na camada de 0-10 e 10-20 cm (Tabela 1). A área anteriormente era conduzida com o cultivo de milho/trigo em sistema plantio direto.

Tabela 1- Propriedades químicas do solo do local do experimento nas camadas 0-10 cm e 10-20 cm.

Propriedades químicas	Camadas	
	0 - 10 cm	10 - 20 cm
Argila (%)	57	60
pH em água	5,4	5,2
Índice SMP	5,7	5,5
P (mg dm ⁻³)	5,1	5,3
K (mg dm ⁻³)	142	137
Matéria Orgânica (%)	3	2,9
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,2	0,3
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	6,5	6,2
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	3,7	3,5
H + Al (cmol _c dm ⁻³)	6,2	7,8
CTC efetiva (cmol _c dm ⁻³)	11	10
CTC pH 7 (cmol _c dm ⁻³)	17	18
Saturação de Bases (%)	63	56

Fonte: Autor

O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso com parcelas subdivididas. Nas parcelas principais (10 x 3,5 m) com 4 repetições foram implantadas as culturas de cobertura e posteriormente o milho safrinha. Na subparcela avaliou-se a aplicação ou não de adubação nitrogenada na cultura do milho.

Os tratamentos de culturas de cobertura foram feijão de porco, crotalária juncea, capim sudão, milheto e pousio (testemunha). A semeadura foi realizada em 17/10/2017, utilizando as doses de sementes de 100 kg ha⁻¹ de feijão de porco, 30 kg ha⁻¹ de crotalária juncea, 30 kg ha⁻¹ de capim sudão e 25 kg ha⁻¹ de milheto. A semeadura de todas as espécies foi mecanizada, com exceção do feijão de porco,

semeada manualmente na linha de plantio. O espaçamento entre linhas utilizado foi de 0,5 m e sem adição de fertilizantes na semeadura.

Aos 55 e 80 dias após a semeadura (DAS) foram realizadas aplicações superficiais de nitrogênio (dose total de 180 kg ha⁻¹ de N) na forma de ureia nas culturas de gramíneas. Aos 75 dias após a semeadura foi realizada a capina manual em todos os tratamentos, com exceção do pousio.

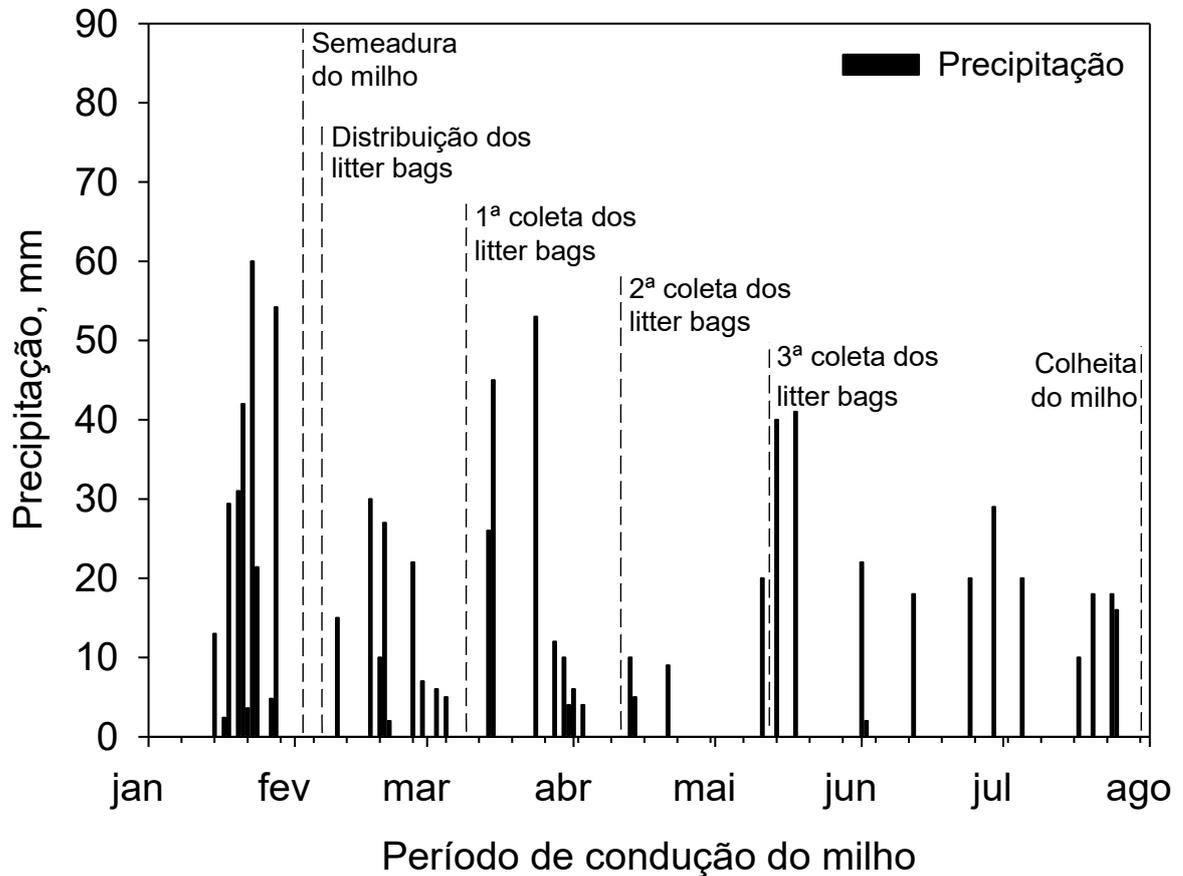
Aos 100 DAS foi realizada a coleta da parte aérea das plantas de cobertura. No momento da coleta, o capim sudão encontrava-se no estágio final do florescimento, o milho e o feijão de porco estavam em pleno florescimento e a crotalaria ainda encontrava-se em estágio vegetativo. Para a amostragem do material vegetal, utilizou-se um quadro metálico com área de 0,25 m², retirando todo material sobre o solo em 3 pontos aleatórios da parcela, totalizando 0,75 m². Após, realizou-se o corte manual das amostras em pedaços de 10 a 20 cm. Para facilitar a secagem do material em sacos de estopa, as amostras foram acondicionadas a 65 °C em estufa de ar forçado, onde ficaram até atingir peso constante. Após a secagem, as amostras foram pesadas, determinadas a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), misturadas e retirado o material para os *litter bags*. O restante da MSPA foi triturada em moinho de facas tipo *Willey*, com peneira de 20 *mesh*, para posterior determinação de nitrogênio.

Antecedendo a semeadura do milho, aos 106 DAS das plantas de cobertura de verão realizou-se a aplicação de herbicida glifosato (3 L ha⁻¹) para dessecação das plantas de cobertura. Após um dia foi realizado o manejo mecânico das plantas de cobertura (rolagem) e subsequente semeadura do milho em 02/02/2018. A cultivar de milho empregada foi Biomatrix BM 812 com espaçamento de 0,5 m entre linhas, e densidade de 60.000 sementes ha⁻¹. A adubação na semeadura foi de 142,5 kg ha⁻¹ de P₂O₅ 75 kg ha⁻¹ de K₂O que foram misturados e semeados juntamente com o milho na linha de semeadura. A adubação nitrogenada nas subparcelas com N foi realizada a lanço em duas aplicações, aos 7 DAS (20 kg ha⁻¹ de N) e aos 40 DAS (62,5 kg ha⁻¹ de N). O manejo das plantas daninhas na cultura do milho foi realizado com duas aplicações de herbicida glifosato, aos 12 DAS (3 L ha⁻¹) e aos 32 DAS (3 L ha⁻¹).

Os dados de precipitação anteriores à semeadura do milho foram considerados pela Estação Meteorologia localizada na Universidade Federal da Fronteira Sul

campus Cerro Largo, enquanto que durante o ciclo de desenvolvimento do milho acompanhou-se a precipitação pluvial (mm) no local do experimento (Figura 1).

Figura 1 - Precipitação pluvial (mm) durante o período de condução do milho



Fonte: Autor

Para avaliação da decomposição e liberação de nitrogênio foram utilizados sacos (20 x 20 cm), confeccionados de tecido *voil*, com malha de 0,5 mm. Sete dias após a semeadura do milho foram distribuídos nas sub parcelas sem nitrogênio 3 *litter bags* de matéria seca, proporcional à produção de cada parcela.

A coleta dos *litter bags* foi realizada após 30, 60 e 90 dias das distribuição nas parcelas. Em cada coleta, os *litter bags* passaram por limpeza externa para a retirada do solo aderido, para posterior remoção do material remanescente interno. O material retirado foi seco em estufa a 65 °C até atingir peso constante. Após a secagem o material foi pesado (determinação da matéria seca remanescente) e triturado em moinho de facas tipo *Willey*, com peneira de 20 *mesh*, para determinação de nitrogênio na matéria seca remanescente.

Nos dias 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags foram coletadas 3 subamostras de solo (0 – 10 cm) com trado calador, para formar uma amostra composta por parcela, a fim de determinação de umidade do solo e da avaliação de teor de N mineral no solo. Para a determinação da umidade do solo foram utilizadas cápsulas de metal previamente secas e pesadas, colocou-se o solo úmido e pesou-se. Posterior à secagem a 105 °C por 48 horas em estufa, pesou-se novamente o solo seco. Para o cálculo da umidade (g g^{-1}) utilizou-se a equação, peso do solo úmido menos pelo do solo seco dividido pelo peso do solo seco.

Para a determinação do nitrogênio mineral do solo (NH_4^+ e NO_3^-) e da massa seca se realizou a destilação por arrasto de Kjeldahl segundo descrito por TEDESCO (1995).

A colheita do milho foi realizada manualmente, de forma que foi colhida uma área de 7,5 m² por parcela, respeitando uma distância de 0,5 metros entre parcelas e 1,0 metro para bordadura. As espigas após foram passadas em debulhador mecânico, realizou-se a pesagem de grãos e a determinação da umidade pelo método da estufa a 105°C por 24 horas (BRASIL, 2009), além disso foi realizado o cálculo para peso de mil grãos. O rendimento de grãos foi estimado por meio da extrapolação da produção da área colhida das parcelas para quantificar a produtividade por hectare a umidade 13 %. Os dados foram submetidos à análise de variância e comparados através do teste de F a 5% de probabilidade. Quando considerados significativos tiveram sua significância submetida ao teste de T a 5% de probabilidade. Para auxílio das análises estatísticas foi utilizado o software Sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. PRODUÇÃO DE MATERIA SECA E DECOMPOSIÇÃO DAS PLANTAS DE COBERTURA

O milho foi a planta de cobertura que produziu a maior quantidade de matéria seca da parte aérea (MSPA) ($14.495 \text{ kg ha}^{-1}$), seguido de capim sudão ($11.027 \text{ kg ha}^{-1}$), crotalária juncea (7.551 kg ha^{-1}), feijão de porco (6.855 kg ha^{-1}) e pousio (5.031 kg ha^{-1}) (Tabela 2). A produção de milho foi superior comparadas as relatadas por BORGES et al. (2014), que atingiram o máximo de $11.253 \text{ kg ha}^{-1}$ em 2009. No entanto, para capim sudão a produção de $11.150 \text{ kg ha}^{-1}$ encontrada em 2008 por BORGES et al. (2014), foi semelhante a encontrada neste estudo.

Resultados semelhantes para a produção de feijão de porco pode ser visto em trabalhos como de CIESLIK (2014), em que se produziu 7.000 kg ha^{-1} em média nos anos de 2012 e 2013. Porém para CIESLIK (2014), as produções de crotalária juncea foi de 3.450 kg ha^{-1} em média para os anos de 2012 e 2013, que difere das encontrados neste estudo que foram quase o dobro da produção de matéria seca da parte aérea.

Na produção de MSPA do pousio, a alta concentração de plantas daninhas presentes como Capim milhã (*Digitaria horinzotalis*), Buva (*Conyza sp.*), Picão (*Bidens pilosa.*) e Sorgo de alepo (*Sorghum halepense*) fez com que se produzisse mais 5.000 kg ha^{-1} de MSPA, uma produção relativamente alta comparada a trabalhos de BORGES et al. (2014), em que se atingiu pouco mais de 2.900 kg ha^{-1} em média de para os anos de 2008 e 2009.

Tabela 2 – Produção de Matéria seca da parte aérea das plantas de cobertura de verão remanescente aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.

Tratamento	0	30	60	90
	kg ha ⁻¹			
Pousio	5031 c	3768 b	2723 c	2421 c
Crotalária juncea	7551 bc	5464 b	4805 b	4094 b
Feijão de Porco	6855 c	4470 b	2886 c	2785 c
Capim Sudão	11027 ab	8897 a	7121 a	6113 a
Milheto	14495 a	9903 a	6686 ab	5646 a
CV%	29,7	21,6	25,5	17,8

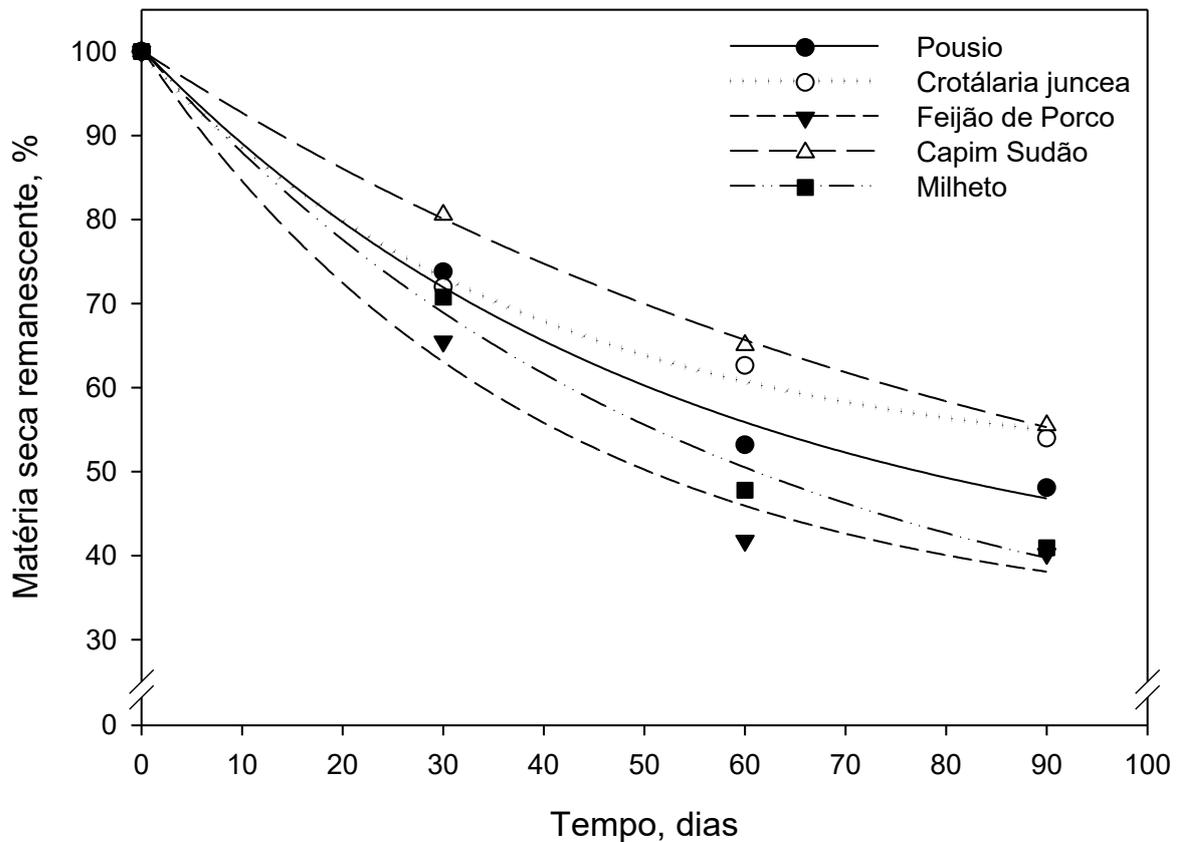
Fonte: Autor

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de T a 5%.

Considerando que até os 30 dias após a distribuição dos litter bags ocorreu a maior porcentagem de decomposição pela maioria das plantas de cobertura (Figura 2), por meio das coletas dos litter bags. Percebe-se a semelhança na taxa de decomposição do milho e feijão de porco, o mesmo acontece quando comparamos com crotalária e capim sudão, porém o primeiro com uma taxa mais acentuada no início e estabilizando no final. Em ambos os casos comparativos acima, podemos perceber que após 90 dias de decomposição das plantas de cobertura apresentaram porcentagens de MSPA remanescente bem próximas, o feijão de porco e milho aproximadamente 40 %, a crotalária e capim sudão 55%, o tratamento pousio apresentou cerca de 48% resultando próximo as médias do comparativos citados.

A crotalária apesar de ser uma leguminosa, permaneceu ao final da avaliações aos 90 dias de decomposição dos resíduos, com uma porcentagem de MSPA remanescente próxima a gramínea capim sudão, isso se deve-se aos 4,3 % de lignina encontrados na planta esse teor maior se comparado ao milho por exemplo que possui 3,4% segundo CARVALHO et al. (2010), e explicado principalmente ao seu caule bem rígido, dificultando a decomposição do mesmo.

Figura 2 - Porcentagem de matéria seca remanescente das plantas de cobertura de verão ao longo tempo.



Fonte: Autor

4.2. LIBERAÇÃO DE N PELAS PLANTAS DE COBERTURA

O feijão de porco e o milho não diferiram na quantidade de N acumulado $179,1 \text{ kg ha}^{-1}$ em média, o mesmo aconteceu com crotalaria e o capim sudão e o pousio que diferiu de todos os tratamentos (Tabela 3). Entretanto, os tratamentos com leguminosas e gramíneas diferiram na produção de MSPA (Tabela 2). Essa semelhança na quantidade de N acumulado se deve a relação C/N nos resíduos das plantas de coberturas. As gramíneas por natureza apresentam uma maior relação C/N em relação as leguminosas, porém o fato delas atingirem maiores produções de matéria seca, acabaram por acumular quantidades semelhantes de N. A velocidade de decomposição dos resíduos da plantas de cobertura determina o tempo de permanência do mesmo na superfície do solo, quanto mais rápida for a sua

decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes, porém diminuindo a proteção do solo (KLIEMANN, 2006).

Tabela 3 - Quantidade de N na MS remanescente das plantas de cobertura aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags

Tratamento	0	30	60	90
	kg ha ⁻¹			
Pousio	51,9 c	27,7 c	27,9 c	25,8 d
Crotalária Juncea	126,7 b	67,9 b	54,8 b	41,2 c
Feijão de Porco	187,9 a	81,6 b	57,2 b	59,7 c
Capim Sudão	118,3 b	89,6 b	84,9 a	91,4 b
Milheto	170,3 a	120,8 a	100,9 a	82,3 a
CV%	21,5	24,7	24,4	16,8

Fonte: Autor

Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de T a 5%.

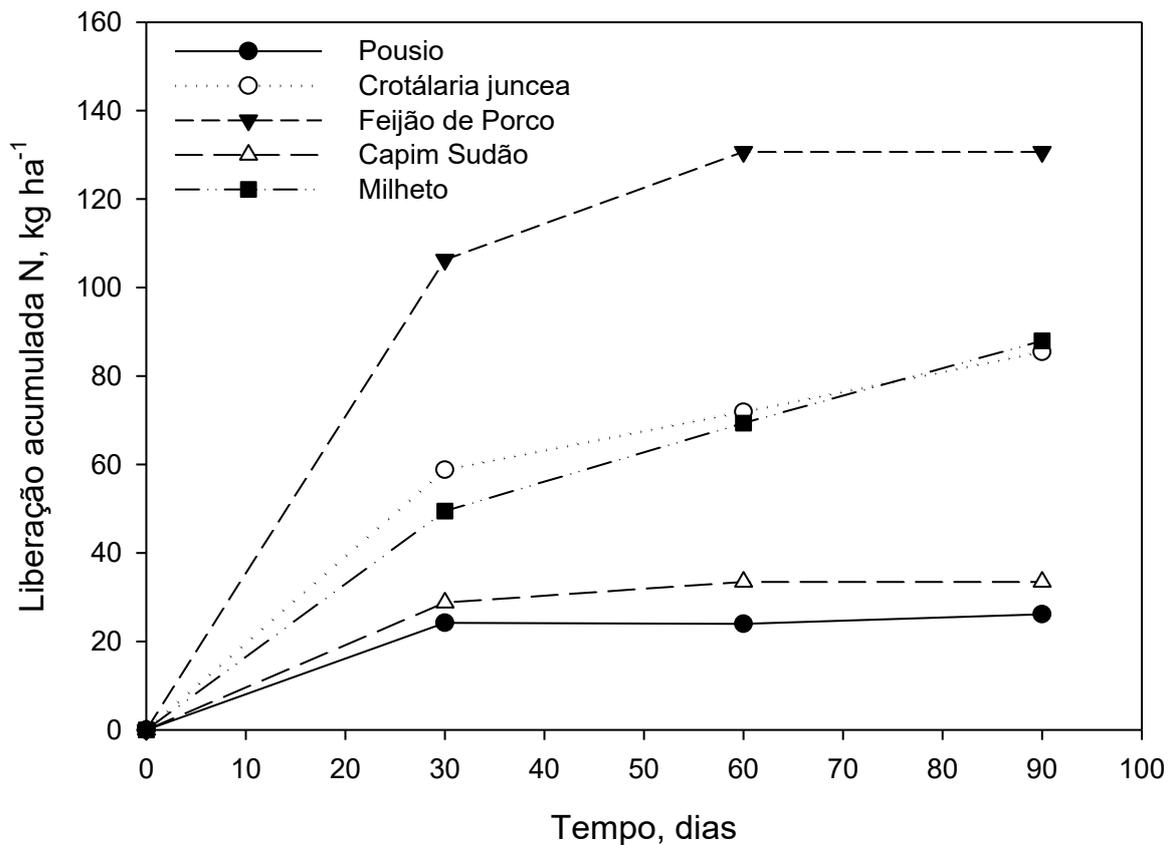
Isso pode ser explicado pelos teores (%) de N na MSPA encontrado no milho e feijão de porco, em que apresentaram 1,2 % e 2,7 % respectivamente. Isso demonstra que essa diferença de teor é compensada pela alta produção de MSPA do milho comparada ao feijão de porco. O mesmo acontece quando comparamos o capim sudão e a crotalária juncea que apresentaram teores 1,1 % e 1,7%, respectivamente. O pousio apresentou 1,1 %, devido ao maior predomínio de gramíneas como plantas de cobertura. Os dados encontrados para os teores de N na MSPA de milho e capim sudão não diferiram dos encontrados nos estudos de BORGES et al. (2014), em que se encontrou 1,9 % e 1,9 % respectivamente para as plantas de cobertura.

Deve-se promover a seleção de plantas de cobertura cuja a taxa de mineralização do N dos resíduos ocorra com a maior sincronia possível em relação a demanda de N da cultura em sucessão (AITA et al., 2001). Deste modo, as leguminosas possuem um maior potencial de sincronismo em fornecer N no período de maior demanda da cultura do milho (estágios V4 a V8), indicado pela liberação de N acumulado e porcentagem de N acumulado vistos na Figuras 3 e 4. O feijão de porco liberou para o sistema 56,5 % de N até os 30 após a distribuição dos sacos de decomposição. O mesmo aconteceu com a crotalária juncea que liberou 46,4 % de N, milho 29,1 %, capim Sudão 24,3 % e pousio com 46,6 % de N.

Dados encontrados em trabalhos por FABIAN (2009), em que obteve-se relação de C/N dois anos de cultivo em médias de 19:1 e 25:1 para crotalária juncea e milho respectivamente, semelhantes para crotalária foram encontrados por

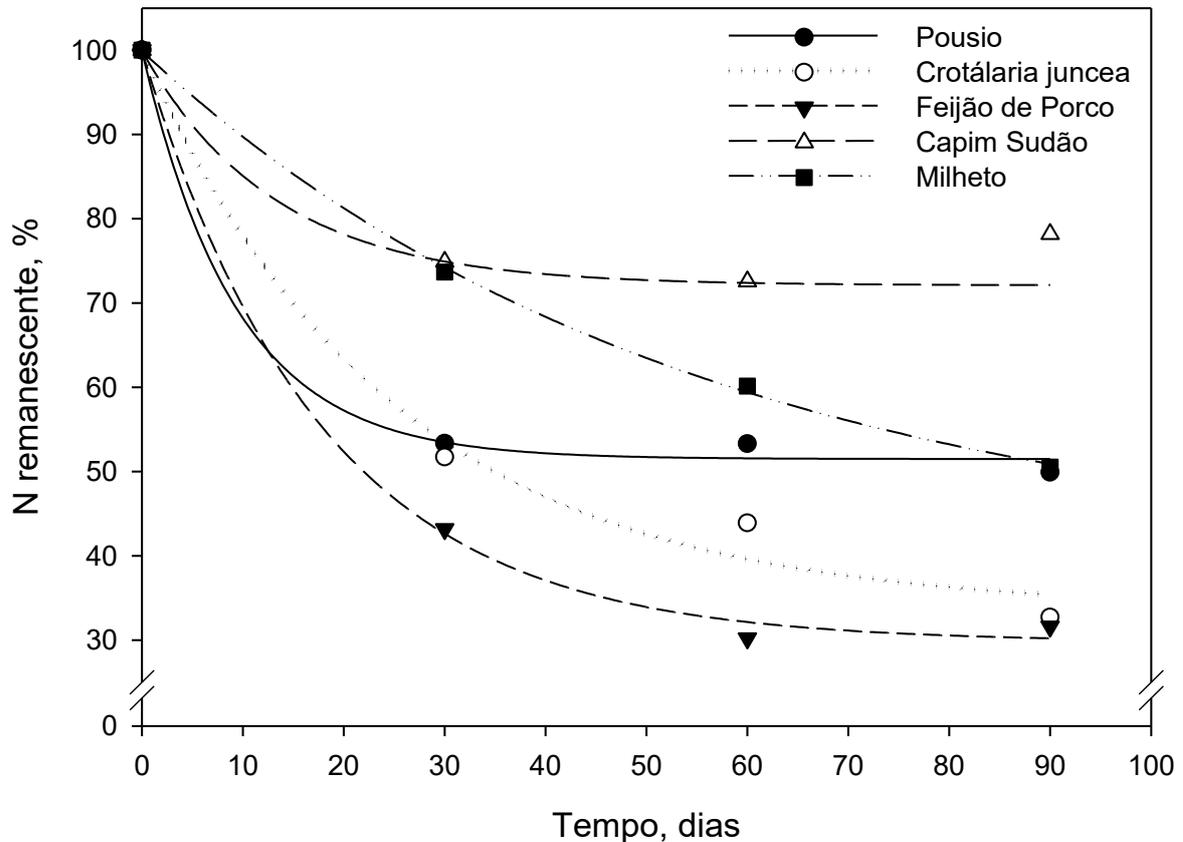
CIELSKI (2014), já para o feijão de porco foi encontrado relação C/N de 12:1. Porém, pelo fato do milho ser uma gramínea, a porcentagem da MSPA remanescente e liberação de N ser semelhante ao feijão de porco e crotalaria juncea respectivamente, pode ser relacionado aos dados obtidos de FABIAN (2009) que encontrou uma relação C/N de 25:1, sendo essa ideal para a decomposição dos resíduos e mineralização de N no solo.

Figura 3 - Liberação de nitrogênio acumulado das plantas e cobertura de verão durante a cultura do milho.



Fonte: Autor

Figura 4 - Porcentagem nitrogênio remanescente na MSPA remanescente das plantas de cobertura de verão.



Fonte: Autor

O capim sudão foi a cultura de apresentou a maior porcentagem de N remanescente na MS ao final do período avaliado de 90 dias cerca de 77%. Contudo, os primeiros 30 dias de decomposição foi o período de maior contribuição para esta liberação, permanecendo estável a porcentagem de N remanescente na MS entre os 30 e 90 dias. Isso pode ser parcialmente explicado pelo fato da cultura de cobertura estar em início do enchimento de grãos quando realizou-se a coleta para os litter bags, apresentando maior quantidade de lignina nos seus tecidos cerca de 2,7 % (SILVEIRA et al., 2015).

Portanto, dependendo do material em decomposição no solo, o mesmo pode interferir na utilização e eficiência da adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão. Como no caso das gramíneas, milho e capim sudão, devido à alta relação C/N na MSPA remanescente, 5 dias após o manejo das plantas de cobertura apresentaram menores teores de amônio no solo, ao contrário das leguminosas, que

apresentam maiores teores (Tabela 4), reflexo da maior mineralização nestas culturas. O amônio é a fração nitrogenada que inicialmente aumenta na mineralização, pois a amônia (NH_3) nas reações no solo se equilibra com água (H_2O) formando amônio (NH_4^+) que é absorvido ou sofre nitrificação (MOREIRA & SIQUEIRA, 2006).

Tabela 4 - Nitrogênio mineral no solo após 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.

Tratamentos	0	30	60	90
N mineral ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$), mg kg^{-1}				
Pousio	11,1 ab	15,9 ^{ns}	13,7 ^{ns}	20,2 ^{ns}
Crotalária juncea	11,6 ab	22,5	11,6	20,3
Feijão de Porco	14,9 a	20,3	13,6	19,9
Capim Sudão	9,4 b	16,1	15,8	16,5
Milheto	8,5 b	18,9	13,4	20,0
CV%	30,6	34,4	20,9	17,3
N mineral ($\text{N} - \text{NO}_3^-$), mg kg^{-1}				
Pousio	2,7 ^{ns}	11,3 ^{ns}	7,2 ^{ns}	9,5 ^{ns}
Crotalária juncea	3,8	16,4	6,0	8,9
Feijão de Porco	4,0	13,6	7,1	11,1
Capim Sudão	4,3	10,5	7,4	8,3
Milheto	3,0	13,1	6,5	7,3
CV%	41,4	33,1	27,8	33,2
N mineral ($\text{N} - \text{NH}_4^+$), mg kg^{-1}				
Pousio	8,4 ab	4,6 ^{ns}	6,5 ^{ns}	10,7 ab
Crotalária juncea	7,8 ab	6,2	5,6	11,3 a
Feijão de Porco	10,9 a	6,7	6,5	8,8 bc
Capim Sudão	5,0 b	5,6	8,4	8,3 c
Milheto	5,5 b	5,7	7,0	12,7 a
CV%	35,3	53,0	33,7	13,4

Fonte: Autor

^{ns} não significativo pelo teste de F a 5%. Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de T a 5%.

Partindo do pressuposto que ocorreu benefícios com relação ao equilíbrio de N no solo, as leguminosas sofreram uma maior mineralização, em função do maior teor de amônio (NH_4^+) do solo encontrado 5 dias após o manejo das plantas de cobertura, destacando as leguminosas (Tabela 4), que tiveram maior disponibilidade de N dos tratamentos até os 30 dias, coincidindo com o fase de desenvolvimento do milho que mais necessita N. Como descrito por AITA et al.(2001) o fato de o N das leguminosas ser mais rápido liberado após seu manejo poderá ter consequências importantes do ponto de vista de fornecimento de N à cultura em sucessão, já que o N liberado pode

ser perdido no solo principalmente por lixiviação de nitrato, se ocorrerem chuvas intensas e não houver uma cultura capaz de absorver o N liberado.

4.3. PRODUTIVIDADE DE MILHO EM SUCESSÃO

O uso de plantas de cobertura e posterior cultivo de milho sem nitrogênio proporcionaram um incremento de produtividade principalmente nos tratamentos com leguminosas em relação ao pousio (Tabela 5).

A utilização de feijão de porco proporcionou um aumento de rendimento de 148%, crotalária juncea 114%, milho 104% e capim sudão 31% em relação ao pousio. Todavia, no tratamento com o uso de N mineral, o incremento para o feijão de porco foi de 56% seguido de 34% do milho, 29% da crotalária juncea e 25% do capim sudão (Tabela 5). O uso de plantas de cobertura para o peso de mil grãos não conferiu interação sem o uso de N, porém ao se utilizar o N mineral houve um ganho de peso em relação ao pousio. Na Figura 3, podemos visualizar a diferença na liberação de N das leguminosas e gramíneas, vemos que a leguminosas apresentaram como era esperado uma liberação mais rápida de N acumulado devido a sua relação C/N, refletindo em maior rendimento de grãos (Tabela 5).

Tabela 5 - Produtividade e peso de mil grãos de milho com e sem uso de adubação nitrogenada.

Tratamento	Produtividade		Peso de Mil Grãos		
	Sem N	Com N	Com N	Sem N	Média
	kg ha ⁻¹			g	
Pousio	1837 Bb	3507 Ac	221 ^{ns}	219 ^{ns}	220 b
Crotalária juncea	3931 Aa	4535 Ab	241	250	246 a
Feijão de Porco	4549 Ba	5457 Aa	260	253	257 a
Capim Sudão	2399 Bb	4395 Abc	241	248	245 a
Milho	3742 Ba	4712 Aab	250	256	253 a
CV%	15,6	15,5	4,9	6,0	

Fonte: Autor

^{ns} não significativo pelo teste de F a 5%. Médias seguidas de mesma letra minúscula nas colunas e mesma letra maiúscula nas linhas, não diferem entre si pelo teste de T a 5%.

Como milho e crotalária juncea apresentaram quantidades de N liberado semelhantes até os 30 dias cerca de 54 kg ha⁻¹ em média, estes tratamento não

diferenciaram no rendimento de grãos sem N, produtividade que não diferiu do tratamento com feijão de porco. O rendimento de grãos semelhante proporcionado por estas culturas de cobertura pode ter sido influenciado pela ocorrência de uma baixa precipitação ocorrido na segunda quinzena de abril/2018, observado pela precipitação acumulada do mês de 34 mm (Figura 1). Este período coincidiu com o florescimento da cultura do milho, estágio de desenvolvimento em que esta planta mais necessita de água, atingindo uma evapotranspiração de 7 mm dia⁻¹ (BERGAMASCHI et al., 2001). Desta forma, a baixa disponibilidade hídrica neste período pode ter restringido o potencial produtivo da cultura, bem como a resposta da planta ao N liberado pela cultura antecessora, que aos 30 dias variou de 24,2 kg ha⁻¹ (pousio) até 106,3 kg ha⁻¹ (feijão de porco) (Figura 3).

Outra hipótese do milheto ser semelhante no rendimento de grãos da crotalária e pelo fato que o milheto produziu uma maior quantidade de material vegetal e conseqüentemente pode proteger o solo com maior eficiência no período de florescimento, visto que no período de florescimento do milho ele ainda possuía na sua matéria seca remanescente cerca 46 %, ou seja, próximo a 7.000 Kg ha⁻¹ de palhada protegendo o solo. Conforme, a Tabela 6 percebemos que quando ocorreu as coletas dos 30 e 60 dias as gramíneas e o pousio apresentaram uma maior umidade no solo em relação as leguminosas, isso se deve a maior produção de matéria seca e cobertura do solo. O feijão de porco neste mesmo período esteve entre os menores teores de umidade dos tratamentos, podendo este fato ser um fator limitante para a expressão do potencial.

Tabela 6 - Umidade do solo aos 0, 30, 60 e 90 dias após a distribuição dos litter bags.

Tratamentos	0	30	60	90
		g g ⁻¹		
Pousio	0,226 *ns	0,271 a	0,255 a	0,266 a
Crotalária Juncea	0,215	0,235 c	0,223 bc	0,252 a
Feijão de Porco	0,223	0,241 bc	0,222 c	0,253 a
Capim Sudão	0,230	0,239 c	0,246 ab	0,261 a
Milheto	0,228	0,256 ab	0,243 ab	0,257 a
CV%	5,3	4,3	5,6	6,5

Fonte: Autor

ns não significativo pelo teste de F a 5%. Médias seguidas de mesma letra nas colunas, não diferem entre si pelo teste de T a 5%.

As plantas de cobertura além de auxiliarem na proteção do solo contra a perda por erosão, elas beneficiam a cultura subsequente no controle de plantas daninhas, seja por alelopatia ou obstrução da luminosidade. No entanto a cultura do milho requer um manejo adequado no controle de plantas daninhas, principalmente nos estágios iniciais da cultura, onde a presença das mesmas faz a cultura competir por água, luz e nutrientes, sendo este período crítico entre os estágios de V3 a V12, de 20 a 60 dias após a emergência, dependendo da cultivar e clima da região (VARGAS et al., 2006). Uma vez que as diferentes espécies de plantas de cobertura leguminosas e gramíneas, possuem diferenças no rendimento de material vegetal e decomposição de seus resíduos, visto que leguminosas apresentam uma maior velocidade de decomposição dos seus resíduos e conseqüentemente mais rápida exposição do solo. A presença de uma camada de palhada sobre o solo exerce efeitos físicos, uma barreira natural, onde estão relacionados as variações nas amplitudes térmicas e hídricas do solo e quantidade de luminosidade que é filtrada pela palhada, afetando a dormência e conseqüentemente, a germinação das plantas daninhas (TAYLORSON e BORTHWICK, 1969).

5. CONCLUSÃO

Dentre os tratamentos o milheto foi a planta de cobertura que teve a maior produtividade de matéria seca da parte área.

O feijão de porco foi o tratamento que teve a maior taxa de decomposição e o maior acúmulo de nitrogênio na sua matéria seca da parte área.

As culturas de cobertura de feijão de porco, milheto e crotalaria foram os tratamentos que mais incrementaram na produtividade de milho sem a utilização de N mineral.

O uso de N mineral os maiores incrementos foram nos tratamentos de feijão de porco e milheto em relação ao pousio.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Apesar do sistema plantio direto estar difundido há muitos anos no Sul do Brasil, nota-se ainda uma dificuldade em agricultores adotarem plantas de coberturas em seus manejos, proporcionando benefícios principalmente para a cultura sucessora, complementando as práticas do sistema plantio direto. Diante a essa realidade, o presente trabalho demonstrou que o cultivo de plantas de cobertura de verão em cultivo solteiro traz benefícios para a cultura sucessora, o milho.

O uso de plantas de cobertura de verão demonstrou que além da produção de palhada, as mesmas podem contribuir, seja pela reciclagem (gramíneas) ou fixação biológica (leguminosas), com quantidades significativas de nitrogênio na produção de milho. O estudo proporcionou observar que o milheto produziu a maior quantidade de MSPA e acumulou quantidade de N semelhante ao feijão de porco, apesar da leguminosa ter produzido 52% da MSPA da gramínea. Contudo, aos 30 dias após a distribuição dos litter bags o feijão de porco teve uma liberação de quase o dobro de N do milheto e da crotalária juncea, que tiveram liberações de N próximas, concomitante com os estádios de maior demanda de N pela cultura no milho.

As culturas de feijão de porco, milheto e crotalária incrementaram a produtividade de milho em relação ao pousio e ao capim sudão quando não foi utilizado N mineral. Tais acréscimos decorreram em função dos maiores acúmulos e liberações de N dessas culturas. Contudo, a baixa precipitação coincidente com o período de florescimento da cultura milho pode ter restringido o potencial de produção do milho, em especial, no tratamento com feijão de porco sabido que teve quase dobro da liberação de N comparado aos demais tratamentos. Mesmo com suprimento mineral de N para o milho, as plantas de cobertura incrementaram o rendimento de grãos, principalmente com o uso de feijão de porco, milheto e crotalária.

Portanto, ressalta-se a importância do uso de plantas de cobertura na região sul do Brasil, visto seu potencial de contribuição para a cultura subsequente e benefícios para o sistema plantio direto. Entretanto, mais pesquisa com plantas de cobertura de verão na região sul são necessários, visando qualificar a assistência técnica para a satisfatória orientação dos manejos acerca do uso das plantas de

cobertura, possibilitando estratégias para o incremento da produção agrícola e maiores retornos econômicos para o agricultor.

REFERÊNCIAS

- AITA C.; BASSO, C. J.; CERRETA, C. A.; GONÇALVES, C. N.; DA ROS, C. O. **Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 25:157-165, 2001.
- AITA, C. & GIACOMINI, S.J. Plantas de cobertura de solo em sistemas agrícolas. In: ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; AITA, C.; BODDEY, R.M.; JANTALIA, C.P. & CAMARGO, F.A.O., eds. **Manejo de sistemas agrícolas: impacto no sequestro de C e nas emissões de gases de efeito estufa.** Porto Alegre, Genesis, 2006. p.59-79.
- ALMEIDA, F. S.; LIMA, P. H. C.; WISNIEWSKI, C.; REISMANN, C. B.; SOUZA, R. M. A. **Adubação verde como contribuição à produção familiar de milho e feijão no centro sul do Paraná, nos sistemas convencional e agroecológico.** Revista Brasileira de Agroecologia. v. 2, n. 1, p. 934-937, 2007.
- AMABILE, R.F.; CORREIA, J.R.; FREITAS, P.L. de; BLANCANEUX, P.; GAMALIEL, J. **Efeito do manejo de adubos verdes na produção de mandioca (*Manihot esculenta Crantz*).** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.29, p.1193-1199, 1994.
- ARAÚJO, Ademir S. F. et al. **Utilização de nitrogênio pelo trigo cultivado em solo fertilizado com adubo verde (*Crotalaria juncea*) e/ou uréia.** Ciência Rural, Santa Maria, v35, n.2, p.284-289. 2005.
- BERTOL, I.; CIPRANDI, O.; KURTZ, C.; BAPTISTA, A.S. **Persistência dos resíduos de aveia e milho sobre a superfície do solo em semeadura direta.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.22, p.705-712, 1998.
- BERGAMASCHI, H. et al. **Estimating maize water requirements using agrometeorological data.** Revista Argentina de Agrometeorologia, v.1 p.23-27, 2001.
- BIFON, M. L. R; DIOGO, F. F.; CENTURION, C. A. Eficiência de seis adubos verdes em condições de Espírito Santo do Pinhal – SP. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 28., 2001, Londrina. **Ciência do solo: fator de produtividade competitiva com sustentabilidade** - resumos. Londrina: Embrapa Soja: IAPAR: uel:uem, 2001. p. 173.
- BOGDAN, A. V. **Tropical pasture and fodder plants: grasses and legumes.** London: Logman, 1977. 475p.
- BORGES, Wander L. B. et al. **Absorção de nutrientes e alterações químicas em latossolos cultivados com plantas de cobertura em rotação com soja e milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, 38:252-261, 2014.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes.** Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília: Mapa/ACS, 2009.
- BORTOLINI, C. G. et al. **Sistemas de aplicação de nitrogênio e seus efeitos sobre o acúmulo de N na planta de milho.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, v. 26, n. 3, p. 361-366, 2002.

CALEGARI, Ademir. et al. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2 ed. Rio de Janeiro: ASPTA. 346p. 1993.

CARVALHO, Arminda M., et al. **Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no cerrado**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 290. Embrapa Cerrados, Planaltina, DF, 2010.

CIESLIK, Laurês F. **Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto**. Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco. PR, 2014.

CHAVES, Julio C. D.; CALEGARI, A. **Adubação verde e rotação de culturas**. Informe Agropecuário. v.22, p.53-60, 2001.

COELHO, A.M.; FRANÇA, G. E. de. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1995. 9p.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Observatório Agrícola - Acompanhamento da safra brasileira – grãos**. V.5 Safra 2017/2018, nº 7 levantamento, abril, 2018.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília, 2017. 112p. Disponível em: <https://www.conab.gov.br/index.php/perspectivas-para-a-agropecuaria>. Acesso em: 30/04/2018.

CORREIA, M.E.F. & ANDRADE, A.G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G.A. & CAMARGO, F.A.O., orgs. **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre, Gênese, 1999. p.197-225.

COSTA, M.B.B. **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro, AS-PTA, 1993. 346p.

CRUZ, J. C.; XONZEN, E. M.; FILHO, I. A. P.; MARRIEL, I. E.; CRUZ, I. DUARTE, J. O.; OLIVEIRA, M. F.; ALVARENGA, R. C. **Produção de milho orgânico na agricultura familiar**. Circular técnica n. 81. Sete Lagoas, MG, 2006.

DUDA, G. P.; GUERRA, J. G. M.; MONTEIRO, M. T.; DE-POLLI, H.; TEIXEIRA, M. G. **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.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Centro nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informações, 2006.

EMYGDIO, B. M.; ROSA, A. P. S. A.; TEIXEIRA, M. C. C. **Indicações técnicas para o cultivo de milho e de sorgo no Rio Grande do Sul – Safras 2013/2014 e 2014/2015**. LVII reunião técnica anual de milho e XLI técnica anual de milho. Embrapa Brasília, DF, 2013.

FERREIRA, Daniel Furtado. **Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons**. Ciênc. agrotec. 2014, vol.38, n.2, pp. 109-112 . Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/S1413-70542014000200001>. Acesso em: 15 nov 2018.

FABIAN, A. J. **Plantas de cobertura: efeitos nos atributos do solo e na produtividade de milho e soja em rotação**. Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho – Faculdade de ciências agrárias e veterinárias, *campus* Jaboticabal. Jaboticabal, SP, 2009

FILHO, I. A. P. et al. **Manejo da cultura do Milheto**. Circular técnica 29. Sete Lagoas, MG, 2003.

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**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 31, p. 1421-1428, 2007.

GODOI, L. M. **Avaliação da disponibilidade de nitrogênio para milho em sucessão a gramíneas e leguminosas de cobertura**. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, *campus* de Jaboticabal, Jaboticabal, São Paulo, 2010.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M. & SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G. & GILLER, K.E., orgs. **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. Wallingford, CAB International, 1997. p.3-30.

HERINGER, I. e MOOJEN, E.L. **Potencial produtivo, alterações da estrutura e qualidade da pastagem de milheto submetida a diferentes níveis de nitrogênio**. Revista Brasileira de Zootecnia. v.31, n12, p.875-882, 2002.

LAL, R. **Soil surface management in the tropics for intensive land use and high and sustained production**. Advances in Soil Sciences, v.5, p.1-109, 1986.

LARA CABEZAS, W.R.L.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; SANTANA, D.G. **Influência da cultura antecessora e da adubação nitrogenada na produtividade de milho em sistema plantio direto e solo preparado**. Ciência Rural, v.34, p.1005-1013, 2004.

KLIEMANN, H. J.; BRAZ, A. J. P. B.; SILVEIRA, P. M. **Taxas de decomposição de resíduos de espécies de cobertura em latossolo vermelho distroférico**. Pesquisa Agropecuária Tropical, v. 36, p. 21-28, 2006.

MARY, B.; RECOUS, S.; DARWIS, D. **Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil**. Plant and Soil, v.181, p.71-82, 1996.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2ª ed. 2006. 729 p.

SÁ, J. C. de M. **Manejo de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996.

SALGADO, A. L. de B.; AZZINI, A.; PIMENTEL, J. M.; POTASCHEFF JUNIOR, J. **Instruções para a cultura da *Crotalaria juncea*, visando à produção de fibras.** Campinas: IAC, 1984. 27 p. (IAC. Boletim, 198).

SANTOS, H. P.; TOMM, G. O. **Disponibilidade de nutrientes e teor de matéria orgânica em função de sistemas de cultivo e de manejo de solo.** Ciência Rural, v.33, p.477-486, 2003.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M.L. & SILVA, A.A. **Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta.** Ci. Rural, 36:1011-1020, 2006a.

SILVA, D. A.; VITORINO, A. C. T.; SOUZA, L. C. F.; GONÇALVES, M. C.; ROSCOE, R. **Culturas antecessoras e adubação nitrogenada na cultura do milho, em sistema plantio direto.** Revista Brasileira de Milho e Sorgo, v. 5, n. 1, p. 75-88, 2006b.

SILVEIRA, Márcia C. T. et al. **Aspectos relativos a implantação e manejo de capim-sudão BRS Estribo.** Comunicado técnico 89. Bagé, RS, 2015

SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. Adubação com nitrogênio. In: SOUSA, D.M.G.; LOBATO, E. (Eds.) **Cerrado: correção do solo e adubação.** 2.ed. Planaltina: Embrapa Cerrados,2004. p.129-144.

SMITH, D. T. and CLARK, N.A. **Effect of soil Nutrientes an pH on Nitrate Nitrogen and Growth of Pearl Millet (*Pennisetum typhoides* (Burm.) Staph and Hubbaed) and Sudangrass (*Sorghum sudanense* (Piper) Staph).** Agronomy Journal. v.60, n.1, p.38-40, 1968.

TAYLORSON, R. B.; BORTHWIC, H. A. A. **Litgth filtration by foliar canopies: significance for light – controlled weed seed germination.** Weed Sci., v.7 n.1, p. 148-151, 1969.

TEDESCO, M. J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C. A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S. J. **Análises de solo, plantas e outros materiais.** 2ed. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.

TEIXEIRA, Cícero M. **Liberação de macronutrientes das palhadas de milheto solteiro e consorciado com feijão-de-porco sob cultivo de feijão.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.34, p. 497-505, 2010.

VARGAS, L.; PEIXOTO, C. M.; ROMAN, E. S. **Manejo de plantas daninhas na cultura do milho.** Documentos online 61 – Embrapa Trigo, set 2006. Acesso em; 15 de nov, 2018. Disponível em: http://www.cnpt.embrapa.br/biblio/do/p_do61.pdf.

WOLSCHICK, D. et al. **Adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em ano com precipitação normal e com “El nino”.** Revista Brasileira de Ciência do solo, Viçosa, MG, v. 27, n.3, p.461-468, 2003.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H. A. A. (Coord.). **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônômico.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p.17-29. (Documentos IAC, 35).

YAMADA, Tsuioshi. **Adubação nitrogenada do milho: quanto, como e quando aplicar.** Piracicaba, POTAFOS, 5p. (Informações Agronômicas, 74). 1996.