

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LAURÊS FRANCISCO CIESLIK

**LEGUMINOSAS DE VERÃO COMO COBERTURA DO SOLO PARA
PRODUÇÃO DE MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

LAURÊS FRANCISCO CIESLIK

**LEGUMINOSAS DE VERÃO COMO COBERTURA DO SOLO PARA
PRODUÇÃO DE MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2014

LAURÊS FRANCISCO CIESLIK

**LEGUMINOSAS DE VERÃO COMO COBERTURA DO SOLO PARA
PRODUÇÃO DE MILHO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração: Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição

Co-orientadora: Dra. Jaqueline P. M. de Oliveira

PATO BRANCO

2014

C569i

Cieslik, Laurês Francisco

Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto / Cieslik, Laurês Francisco.

Pato Branco. UTFPR, 2014

71 f. : il. ; 30 cm

Orientador: Prof. Dr. Paulo Cesar Conceição

Co-orientadora: Prof. Dra. Jaqueline P. Machado de Oliveira

Dissertação (Mestrado) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2014.

Bibliografia: f. 63 – 71

1. Nitrogênio. 2. Plantas de Cobertura. I. Conceição, Paulo Cesar, orient. II. Oliveira, Jaqueline P. Machado de co-orient. III. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDD (22. Ed.) 630

Ficha Catalográfica elaborada por Leandro Pandini CRB-9: 1473

Biblioteca da UTFPR *Câmpus* Pato Branco



Ministério da Educação
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
Campus Pato Branco
Diretoria de Pesquisa e Pós-graduação
Programa de Pós-Graduação em Agronomia



TERMO DE APROVAÇÃO
Título da Dissertação n° 099

Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto

por

Laurês Francisco Cieslik

Dissertação apresentada às treze horas e trinta minutos min. do dia vinte e oito de Março de dois mil e quatorze como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa - Sistema de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO

Banca examinadora:

Dr. Paulo Cesar Conceição

UTFPR
Orientador

Dr. Evandro Spagnollo

EPAGRI-CHAPECÓ

Dra. Jaqueline P.M de Oliveira

UTFPR-DV

Dr. Augusto Vaghetti Luchese

UTFPR-MD

Visto da Coordenação:

Prof. Dr. Idalmir dos Santos

Coordenador do PPGAG

* "O Termo de Aprovação assinado encontra-se na coordenação do PPGAG".

A polacada da minha vida!
Meus tesouros Catarine K. Cieslik e Francisco K. Cieslik
Minha esposa Ana Paula Karczewski
Meus pais Lauro e Regina
Meus manos Diego e Lucas
Dedico...

AGRADECIMENTOS

Ao final de mais essa etapa de vida e, diga-se de passagem, a mais difícil até então, inúmeras são as pessoas e as instituições a quem devo agradecimentos. Sendo muito difícil lembrar absolutamente de todos que de alguma maneira deram sua contribuição deixo como forma de reconhecimento meu comprometimento em ajudar da melhor maneira possível as pessoas que me cercam.

Agradeço primeiramente e principalmente a Deus pelo dom da vida e pelo socorro espiritual das últimas instâncias muitas vezes solicitado.

Ao meu orientador professor Dr. Paulo Cesar Conceição, por proporcionar uma perspectiva positiva justamente no momento pessoal mais delicado em que muitas pessoas fecharam-me as portas. Os ensinamentos e os conselhos que foram muito além do técnico/profissional serão pra sempre lembrados.

À minha co-orientadora Dra. Jaqueline P. Machado de Oliveira que mesmo no curto espaço de tempo convivido sempre se mostrou disponível a ajudar.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, pela graduação e pela oportunidade de aprimoramento profissional através do programa de Pós-Graduação em agronomia – PPGAG.

A todos os professores (as) envolvidos nas disciplinas e também a Professora Dra. Rachel Muylaert Locks Guimarães pela atenção e oportunidade no estágio de docência orientada.

Aos professores e funcionários do Campus Dois Vizinhos pelo aporte nas várias atividades desenvolvidas e um abraço especial aos professores Américo, Frederico, Serinei e Wagner, companheiros nestas mais de 300 caronas deste perigoso trecho Francisco Beltrão-Dois Vizinhos.

Aos amigos Drs. Augusto Luchese e Mauricio Alves e aos amigos (as) colegas de pós-graduação, Cristiano Bianchini, Caroline Amadori, Cristiane Paier, Jaqueline da Rosa e Regiane Franco, e em especial a Ana Regina Dahlem Ziech por toda ajuda despendida.

Aos amigos engenheiros florestais Emanuel Forlin, Gilvanei Candiotto e Nilson Balin, pela imensurável ajuda e muitas vezes condução dos trabalhos de campo.

Aos bolsistas e futuros profissionais da agronomia, Anderson Welter, Carlos Herbele, Cidimar Cassol, Dionata Piske, Taís Garmus e Thyara Hilmann pelo suporte nas mais variadas atividades.

Ao Colégio Agrícola de Francisco Beltrão - CEEP SUDOESTE, pela oportunidade de ser professor e pela compreensão nos momentos de ausência.

A meu sogro Carlos Karczewski e minha sogra Dilva de Souza Espindola Karczewski pelas centenas de horas ajudando a cuidar das nossas crianças, podendo assim trabalhar mais tranquilo na dissertação.

Por fim...

Aos meus pais Lauro e Regina Cieslik, por todo amor dedicado, e mesmo em meio a tantas dificuldades deram a mais valiosa herança possível, a formação de 3 engenheiros; vocês são vencedores e me orgulham muito!

A meus irmãos Diego José Cieslik e Lucas Fernando Cieslik, por toda ajuda e amizade.

A minha esposa, meu amor Ana Paula Karczewski por todo carinho e atenção, paciência e cuidado com nossos filhotes na minha ausência e principalmente pelo companheirismo nas horas difíceis, sempre disposta com palavras de incentivo nos momentos de raiva. Hoje imagino que tenha valido a pena você ter preciso sair de casa por um tempo...

Todos vocês não estão somente neste título timbrado, mas em meu coração.

MUITO OBRIGADO!

Laurês Francisco Cieslik

28 de março de 2014

Francisco Beltrão - PR, Brasil.

*É preciso amor pra poder pulsar,
é preciso paz pra poder sorrir,
é preciso a chuva para florir.*

Trecho da música “Tocando em frente”
de Almir Sater e Renato Teixeira.

RESUMO

CIESLIK, Laurês Francisco. **Leguminosas de verão como cobertura do solo para produção de milho em sistema de plantio direto 71 f.** Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

Na região Sul do Brasil o modelo agrícola predominante é o Sistema de Plantio Direto (SPD), com o uso predominante de gramíneas hibernais, principalmente a aveia. Essa espécie mesmo sendo uma ótima produtora de fitomassa, possui menor potencial de disponibilização de nitrogênio para a cultura subsequente, mediante reciclagem. Assim, o uso de plantas de cobertura como as leguminosas estivais, capazes de fixar nitrogênio (N) atmosférico em ausência de adubação nitrogenada complementar pode ser uma estratégia eficiente para o sistema produtivo local, por ocuparem o solo em período ocioso e produzirem maior fitomassa comparados as gramíneas de inverno. O presente estudo tem por objetivo avaliar os efeitos das plantas leguminosas de verão, cultivadas em plantio direto no período da safrinha, com ou sem complementação nitrogenada, nos parâmetros agronômicos e na produtividade do milho. O trabalho foi conduzido nos anos de 2012 e 2013 na área experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos em delineamento experimental de blocos ao acaso, num esquema bifatorial com três repetições. Nas parcelas principais de 5 x 10 m foram estabelecidos os sistemas de plantas de cobertura do solo (fator A) e nas parcelas subdivididas de 5 x 5 m, foi avaliada a utilização de adubação química nitrogenada (fator B). Os tratamentos principais foram constituídos por sete sistemas de plantas de cobertura de verão *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.), *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*), Guandu anão (*Cajanus cajan* L.), Lab lab (*Dolichos lablab*), *Mucuna anã* (*Mucuna deeringiana*), *Mucuna preta* (*Mucuna aterrima*) e um sistema mantido sem as plantas de cobertura (Pousio), associando-se a estes a complementação de N mineral para cultura do milho (com e sem uso de 180 kg ha⁻¹ de N na forma de uréia). Foram realizadas as avaliações de desenvolvimento, produção, decomposição e liberação de N pela matéria seca (MS) das plantas de cobertura. No milho, além das características agronômicas, foram avaliados os teores de N presente na biomassa e na folha bandeira, e também a produtividade de grãos. Na safra 2012/2013 a mucuna preta e o feijão de porco promoveram maior taxa de cobertura do solo aos 30 DAS (57 e 56% respectivamente). Em ambos os anos o feijão de porco obteve a maior produtividade de MS e o maior acúmulo de N na MS. A maior taxa de decomposição dos resíduos ocorreu com a utilização de feijão de porco e lab lab; enquanto a menor taxa foi verificada na *crotalaria juncea* e no guandu anão. O uso de leguminosas não alterou o diâmetro de colmo e altura das plantas de milho. O feijão de porco, a *crotalaria juncea* e a mucuna preta na safra 2012/2013 e o lab lab na safra 2013/2014, sem uso de N-mineral resultaram em produtividade de grãos de milho superior a média dos tratamentos com adição de 180 kg ha⁻¹ de N.

Palavras-chave: Nitrogênio; Plantas de cobertura; *Zea mays*.

ABSTRACT

Cieslik, Laures Francisco. **Plants summer legumes as cover crops for corn production under no-tillage system.** 71 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2014.

In southern Brazil the dominant agricultural model is the no-tillage system (SPD), with the predominant use of cool season grasses, especially oats. This species while being a great producer of biomass, has less potential for providing nitrogen for the following crop through recycling. Thus, the use of cover crops as summer legumes can fix nitrogen (N) in the absence of additional atmospheric nitrogen can be an effective strategy for local production system, because they occupy the ground and having idle period biomass production well above the grasses of winter. The present study aims to assess the effects of summer legumes grown in no-tillage in the off-season period with or without nitrogen complementation the agronomic parameters and yield of corn. The work was conducted in the years 2012 and 2013 in the experimental field of UTFPR Campus Dois Vizinhos in experimental design of randomized blocks in a factorial with three replications. In the main plots of 5 m x 10 m systems plant ground cover (factor A) and the split plots of 5 m x 5 m were established, factor B has been reported regarding the use of chemical nitrogen fertilizer. The main experiment consisted of seven systems plant summer cover *Crotalaria juncea* (*Crotalaria juncea* L.), *Crotalaria spectabilis* (*Crotalaria spectabilis*), Feijão de porco (*Ensiformes canavalia*), Guandu anão (*Cajanus cajan* L.), Lab lab (*Dolichos lablab*), *Mucuna anã* (*Mucuna deeringiana*), *Mucuna preta* (*Mucuna aterrima*) and maintained a system without the cover crop (fallow), associating these complementation of mineral N for corn (use of 180 kg ha⁻¹ N as urea and absence). Reviews the development, production, decomposition and N by dry matter (MS) cover crops were conducted. In corn, the agronomic characteristics, the levels of N in biomass and leaf flag, and also grain yield were evaluated. In the 2012/2013 harvest *mucuna preta* and *feijão de porco* promoted a higher rate of ground cover at 30 DAS (57 and 56 % respectively). In both years the *feijão de porco* had the highest MS production and higher accumulation of N in MS. The higher rate of waste decomposition occurred with the use of *feijão de porco* and *lab lab*. The lowest rate of decomposition was observed in *crotalaria juncea* and *guandu anão*. The use of legumes did not affect the stem diameter and plant height of maize. The *feijão de porco*, *crotalaria juncea* and *mucuna preta* in the 2012/2013 harvest and *lab lab* in the 2013/2014 harvest, without the use of mineral N resulted in higher grain yield of corn the average of treatments with the addition of 180 kg ha⁻¹ N.

Keywords: Nitrogen, Hedging plants, *Zea mays*.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1- Vista aérea da área experimental de culturas anuais. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.....32
- Figura 2- Médias mensais de temperatura média diária do ar e precipitação pluvial, durante o período de avaliação do experimento. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.33
- Figura 3- Avaliação da taxa de cobertura do solo pelas culturas de cobertura de verão no ano de 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos PR, 2014.....35
- Figura 4- Matéria seca remanescente das culturas de cobertura de verão, após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo para safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014. * significativo a $p < 0,05$ e $0,01$ respectivamente.49
- Figura 5- Quantidade de nitrogênio total (N) liberado pelos resíduos das culturas de cobertura de verão, após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo para safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014 * significativo a $p < 0,05$ e $0,01$ respectivamente.51

LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Taxa de cobertura do solo (%) pelas culturas de cobertura de verão, até os 75 dias após a semeadura (DAS) no período de 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos PR, 2014.....	41
Tabela 2- Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.	43
Tabela 3- Teor de carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), e relação carbono-nitrogenio (C:N) das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.	45
Tabela 4- Nitrogênio total (N) acumulado pela parte aérea da matéria seca das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.....	47
Tabela 5- Diâmetro de planta do milho (safra 2012/2013 e 2013/2014), cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha ⁻¹ de N-mineral em cobertura, na cultura comercial. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.	53
Tabela 6- Altura de planta do milho (safra 2012/2013 e 2013/2014), cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha ⁻¹ de N-mineral em cobertura, na cultura comercial. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.	54
Tabela 7- Produção de matéria seca na parte aérea de milho cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg	

ha⁻¹ de N-mineral na cultura do milho para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.55

Tabela 8- Acúmulo de nitrogênio total (N) na parte aérea de milho cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ de N-mineral na cultura do milho para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.56

Tabela 9- Concentração de nitrogênio total (N) presente nas folhas bandeira de milho, cultivado em sucessão a culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ N-mineral na cultura do milho para a safra de 2012/2013 e 2013/2014 . UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.....57

Tabela 10- Produtividade de grãos de milho, cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, com doses de 0 e 180 kg ha⁻¹ de N-mineral na cultura comercial, para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.....58

LISTA DE SIGLAS

AMSOP	Associação dos Municípios do Sudoeste do Paraná
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DERAL	Departamento de Economia Rural
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FBN	Fixação Biológica de Nitrogênio
FEBRAPDP	Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
MG	Unidade da Federação - Minas Gerais
PB	Unidade da Federação - Paraíba
PIB	Produto Interno Bruto
PPGAG	Programa de Pós-Graduação em Agronomia
PR	Unidade da Federação - Paraná
RJ	Unidade da Federação - Rio de Janeiro
RS	Unidade da Federação - Rio Grande do Sul
SC	Unidade da Federação - Santa Catarina
SEAB	Secretaria de Estado da Agricultura e do Abastecimento
SP	Unidade da Federação - São Paulo
SPD	Sistema de Plantio Direto
TO	Unidade da Federação - Tocantins

LISTA DE ABREVIATURAS

Mg	Megagrama
mg	Miligrama
ha	Hectare
MS	Matéria seca
Kg	Quilograma
C	Carbono
N	Nitrogênio
N ₂	Nitrogênio atmosférico
C:N	Relação entre carbono e nitrogênio
DAS	Dias após a semeadura
m	Metros
m ²	Metros quadrados
cm	Centímetros
g	Gramas
mL	Mililitros
L	Litros
KCl	Cloreto de potássio
NaOH	Hidróxido de sódio
HCl	Ácido clorídrico
K ₂ Cr ₂ O ₇	Dicromato de potássio
H ₂ SO ₄	Ácido sulfúrico
H ₃ PO ₄	Ácido fosfórico
NH ₄ ⁺	Amônio
NH ₃	Amônia
NO ₃ ⁻	Nitrato
NO ₂ ⁻	Nitrito
N-NH ₄ ⁺	Nitrogênio amoniacal
N-NO ₃ ⁻	Nitrogênio nítrico

SUMÁRIO

1.INTRODUÇÃO	17
2. REFERENCIAL TEÓRICO	19
2.1 MILHO	19
2.2 PLANTIO DIRETO	20
2.3 NITROGÊNIO.....	22
2.4 LEGUMINOSAS	24
2.4.1 <i>Crotalaria juncea</i> (<i>Crotalaria juncea</i> L.).....	25
2.4.2 <i>Crotalaria spectabilis</i> (<i>Crotalaria spectabilis</i>).....	26
2.4.3 <i>Guandu anão</i> (<i>Cajanus cajan</i> L.).....	27
2.4.4 <i>Feijão de porco</i> (<i>Canavalia ensiformes</i>).....	27
2.4.5 <i>Lab lab</i> (<i>Dolichos lablab</i>).....	28
2.4.6 <i>Mucuna anã</i> (<i>Mucuna deeringiana</i>).....	29
2.4.7 <i>Mucuna preta</i> (<i>Mucuna aterrima</i>).....	29
2.5 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO	30
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO	32
3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	33
3.3 PARÂMETROS AVALIADOS	35
3.3.1 <i>Plantas de Cobertura de verão</i>	35
3.3.2 <i>Cultura do Milho</i>	38
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS	39
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39

4.1 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO	39
4.1.1 <i>Taxa de Cobertura do Solo</i>	39
4.1.2 <i>Rendimento de Matéria Seca da Parte Aérea</i>	42
4.1.3 <i>Carbono e Nitrogênio da Parte Aérea e Relação C:N</i>	44
4.1.4 <i>Matéria Seca Remanescente e Disponibilização de Nitrogênio</i>	48
4.2 CULTURA DO MILHO	53
4.2.1 <i>Características Morfológicas do Milho</i>	53
4.2.2 <i>Produção de Matéria Seca e Nitrogênio na Parte Aérea</i>	55
4.2.3 <i>Produtividade</i>	57
5. CONCLUSÕES	60
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	61
REFERÊNCIAS	63

1. INTRODUÇÃO

A região Sudoeste localiza-se no Terceiro Planalto Paranaense com uma extensão de 17.043 km² distribuídos em 42 municípios, totalizando 1.031.602 ha. Sua população é de aproximadamente 588 mil pessoas, sendo que 60,6% residem na zona urbana e 39,4% residem na zona rural (AMSOP, 2014).

Devido à sua ocupação recente, somente a partir do final da década de 60 do século passado, as atividades agrícolas se tornaram relevantes no quadro econômico da região. Segundo o IPARDES (2014), essas atividades compunham no ano de 2004, aproximadamente 40% do produto interno bruto (PIB) local.

Após uma ocupação conflitiva das terras (Revolta dos Colonos, no ano de 1957), o Sudoeste caracterizou-se como uma região predominantemente de trabalho familiar, onde 91,5% das propriedades situam-se no estrato de área com menos de 50 ha (IBGE, 2012). Outro aspecto importante da região é a predominância de relevo acidentado, na qual essa condição, aliada ao mau uso da terra, contribuiu para o surgimento de problemas relacionados a perdas de solo por erosão hídrica.

No entanto, esses problemas não aconteceram exclusivamente na região Sudoeste, mas em toda área agrícola do estado do Paraná. Desse modo, na tentativa de frear esse processo erosivo do solo, teve início no ano de 1972 no município de Rolândia-PR o sistema de plantio direto (SPD).

Na safra de 2011/2012, foram cultivados neste sistema mais de cinco milhões de hectares no estado do Paraná, totalizando 31,5 milhões de hectares em todo o Brasil (FEBRADPD, 2014). Segundo a previsão do MAPA (2012), em 2020 a área em SPD no país atingirá os 33 milhões de ha.

Para um adequado funcionamento, o SPD norteia-se em três princípios fundamentais: rotação de culturas, não revolvimento do solo e permanência de palhada em cobertura, contribuindo para a racionalização do uso das bacias hidrográficas, sequestro de carbono, manutenção da biodiversidade e agregando ainda outros benefícios como ciclagem de nutrientes e controle da erosão hídrica. Não só na região Sudoeste Paranaense, mas em grande parte das propriedades

agrícolas do Paraná o aporte de biomassa nos períodos de entressafra fica aquém do recomendado para manter o solo coberto. Tal fato, provavelmente, origina-se na adoção de cultivo com poucas espécies, o qual é oriundo da necessidade de atender as demandas por commodities do mercado.

Uma dessas espécies é o milho, amplamente cultivado em SPD, o que se justifica pela sua importância econômica e pelas mais variadas formas de utilização (produção de grãos, alimentação humana e animal e biotecnologia). Essa cultura necessita de grande aporte de nutrientes, principalmente de nitrogênio (N), sendo que muitas vezes o que o solo disponibiliza naturalmente pode não ser suficiente para suprir a demanda. Assim, a complementação com fertilizantes químicos nitrogenados se tornou uma prática amplamente difundida para obtenção de produtividades expressivas, o que representa aumento nos custos de produção. No entanto a natureza possui mecanismos de viabilizar o aporte desse nutriente da atmosfera para o solo mediante fixação biológica de nitrogênio (FBN) a qual é realizada principalmente por associação de bactérias a plantas em especial na família das leguminosas.

Assim, o presente estudo possui as seguintes hipóteses: I) O uso de plantas leguminosas (fixadoras de N) de ciclo estival (verão) para cobertura de solo em ausência de adubação nitrogenada complementar pode possibilitar produtividade do milho similar à obtida na presença de adubação nitrogenada. II) Plantas leguminosas de verão adaptadas as condições edafoclimáticas da região podem ser utilizadas de forma adequada durante o período de verão-outono no Sudoeste do Paraná, denominado de “período safrinha” onde muitas áreas são mantidas em pousio do solo.

Portanto objetivou-se avaliar parâmetros de espécies leguminosas de verão em plantio direto, como taxa de decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e seus efeitos nos parâmetros agrônômicos do milho, produzido com ou sem complementação nitrogenada.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 MILHO

O milho (*Zea mays* L.) é o cereal mais cultivado no mundo e constitui-se numa das principais fontes de alimento humano e animal, servindo como matéria-prima para fabricação de diversos produtos e como insumo para várias atividades agropecuárias (SEAB/DERAL, 2014). Trata-se de uma cultura primordial para a subsistência de agricultores nas pequenas propriedades, visto que cerca de 60% dos estabelecimentos rurais produzem e consomem a própria produção (IBGE, 2012). O uso em grão na alimentação animal representa a maior parte do consumo desse cereal no mundo, sendo que no Brasil a utilização neste segmento varia de 70 a 90% da produção, dependendo da fonte da estimativa e da região geográfica (CRUZ et al., 2006).

O líder em produção de milho é os Estados Unidos, seguido pela China, União Européia (composta por 27 países) e o Brasil (SEAB/DERAL, 2014). Na safra de 2012/13 a produção brasileira de grãos atingiu 81,3 milhões de toneladas, superando o recorde nacional de 72 milhões de toneladas obtido em 2011/2012, com área média cultivada, considerando a safra normal e a safrinha, alcançou 15,8 milhões de hectares com produtividade média de 4.991 kg ha⁻¹. (SEAB/DERAL, 2014; CONAB, 2014). O estado do Paraná é o principal produtor nacional do grão, possuindo um dos maiores rendimentos do país (5.927 Kg ha⁻¹) (CONAB, 2014).

O aumento gradativo de produtividade que ocorreu nas últimas décadas na cultura do milho de 20 milhões em 1970 para 81,3 milhões de toneladas em 2014 (CONAB, 2014) pode estar associado às relevantes mudanças tecnológicas, dentre as quais se destacam o melhoramento genético e a conscientização dos produtores da necessidade de melhoria na fertilidade e qualidade dos solos, visando uma produção sustentável. Essa melhoria está geralmente relacionada ao manejo adequado dos solos, o qual inclui entre outras práticas: rotação de culturas, plantio direto, manejo da fertilidade através de calagem, gessagem, adubação equilibrada com macro e micronutrientes e adubação verde (COELHO, 2008).

Essas mudanças tecnológicas e de manejo trouxeram uma nova dinâmica de disponibilidade de nutrientes à cultura do milho, principalmente do N. Entretanto esse nutriente pode não ser suficientemente suprido para atingir a demanda da cultura. Isso ocorre devido as diferenças apresentadas quanto à capacidade de seu fornecimento, que são dependentes: da quantidade de reservas totais, da dinâmica de mobilização e fixação e da disponibilidade dos nutrientes para as raízes (COELHO, 2008). Assim, a complementação com fertilizantes nitrogenados para esta cultura se torna uma prática fundamental para obtenção de produtividades desejadas, além de representar um aumento significativo nos custos de produção (ACOSTA, 2009).

Desta forma, o uso racional de fertilizantes nitrogenados associado ao melhor aproveitamento do N liberado pelos resíduos das culturas antecessoras (TEIXEIRA, 2010), possui extrema importância para a produção de milho com menores custos de produção. O aumento sustentável de produtividade insere necessariamente as leguminosas como formadoras de cobertura em SPD (SÁ, 1996), sendo muitos resultados de tais inserções descritos por diversos autores (AITA et al., 2001; CALEGARI, 2004; CARVALHO et al., 2013). O Sudoeste do Paraná carece do aumento e atualizações de estudos relacionados à dinâmica de sistemas com uso de leguminosas de verão para a cultura do milho, voltados à realidade edafoclimática regional, em especial pelo fato da região contemplar a maior bacia leiteira do estado (SEAB/DERAL, 2014) e juntamente com o Oeste de Santa Catarina produzir 75% dos frangos abatidos no Brasil (IBGE, 2012), atividades que dependem do milho como cereal base da alimentação animal.

2.2 PLANTIO DIRETO

Há aproximadamente 10.000 anos o homem já cultivava plantas em um sistema parecido com o SPD, utilizando uma madeira pontiaguda para colocar a semente no chão (ABEAS/LANDERS, 2005). Esse processo foi aprimorado posteriormente na Inglaterra em 1955, com o intuito de controlar a erosão hídrica

(MELLO; CONCEIÇÃO, 2008). Porém, foi nos Estados Unidos após o desenvolvimento de molécula química para o controle de ervas daninhas que a tecnologia se desenvolveu com mais rapidez na região do Mid-West (Corn Belt) e Sudeste americano (ABEAS/LANDERS, 2005).

No Brasil, segundo a EMBRAPA (1993) o plantio direto teve início com uma área experimental de apenas um hectare de sorgo em Plantio Direto (PD) no ano de 1968, com uma semeadora americana da marca Buffalo, na estação experimental de Não-Me-Toque-RS. No entanto, o primeiro plantio de caráter comercial (10 hectares) ocorreu em 1972, realizado pelo agricultor Herbert Bartz em Rolândia no norte do Paraná, com o intuito de controlar a erosão e também impulsionado pela entrada no mercado brasileiro dos herbicidas dessecantes. (ABEAS/LANDERS, 2005). Posteriormente, esse sistema foi difundido em outras cidades paranaenses como Cornélio Procopio e Campo Mourão, espalhando-se pela região dos Campos Gerais e outras regiões paranaenses e do Brasil, consolidando a adoção desta importante tecnologia para a conservação do solo e incremento de produtividade (MELLO; CONCEIÇÃO, 2008).

Esse aumento da área cultivada em SPD está relacionado com a consolidação de um sistema de produção agropecuário em que se minimiza o revolvimento do solo e mantém a superfície sempre coberta de resíduos (palha) e/ou de vegetação (ABEAS/LANDERS, 2005). Esses resíduos promovem dentre outros benefícios, expressiva redução da erosão hídrica (CASSOL, 1984) e acúmulo de matéria orgânica nas camadas superficiais do solo (BAYER; MIELNICZUK, 1999).

Além das características citadas acima, o SPD deve incluir a rotação de culturas, justificada pela necessidade de manter palhada em superfície (REIS et al., 2007). Esse fato fez aumentar o interesse pelas plantas de cobertura, pois quando associadas às demais práticas conservacionistas podem promover melhorias nos atributos físicos, químicos e biológicos do solo através do incremento de matéria orgânica (ESPÍNDOLA; GUERRA; ALMEIDA, 1997). Além de auxiliar no controle de plantas espontâneas, uma vez que dificulta sua germinação e seu desenvolvimento, diminuindo a produção de sementes e propágulos vegetativos (ALTIERI, 2002).

2.3 NITROGÊNIO

Na cultura do milho o N é o nutriente exigido em maior quantidade, exercendo influência direta na produtividade, pois é componente de aminoácidos, enzimas e de ácidos nucleicos (MUZILLI, 1989). Assim, sua deficiência pode acarretar danos nos processos de crescimento e de reprodução das plantas (PÖTTKER; ROMAN, 1998).

Essa alta demanda de N é difícil de ser atendida naturalmente, visto que a maioria dos solos possui baixa disponibilidade desse nutriente na forma inorgânica, como o amônio (NH_4^+) e o nitrato (NO_3^-) que são as formas assimiláveis pelas plantas (CAMARGO, 1996).

O nitrogênio é adicionado ao solo na forma de N-orgânico, após ocorre o processo de transformação para forma inorgânica (NH_4^+ e NO_3^-), chamado de mineralização, o qual é realizado pelos organismos do solo (BAYER, 1996). Através da atividade dos microorganismos heterotróficos, a matéria orgânica é mineralizada e, em seguida, ocorre à transformação do N-orgânico em amônia (NH_3), a qual em reação com a água forma o NH_4^+ (amonificação). Já o nitrato (NO_3^-) se forma através da oxidação do NH_4^+ , processo realizado por bactérias que atuam sob condições de solo drenado e pH neutro (nitrificação). Através da atuação de bactérias do gênero *Nitrossomonas*, o amônio é transformado em nitrito (NO_2^-) e posteriormente este é oxidado a nitrato com a atividade das bactérias do gênero *Nitrobacter* (SERRANA, 2000).

Segundo IAPAR (2003), para o estado do Paraná, recomenda-se aplicar 20 - 40 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e de 60 a 120 kg ha⁻¹ em cobertura dependendo da cultura antecessora utilizada, sendo que quando o milho for cultivado em sucessão a leguminosas ou nabo forrageiro a adubação tanto de base quanto de cobertura pode ser diminuída.

Segundo Muzilli (1989), o fertilizante nitrogenado pode ser aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura, uma vez que a planta de milho absorve as maiores quantidades de N no período vegetativo e reprodutivo, diminuindo no período de florescimento.

O N pode ser aplicado previamente à semeadura do milho (SÁ, 1996; CERETTA, 1998), porém, Ceretta, (1998) alertam que a aplicação prévia à semeadura em anos de precipitação pluvial alta na fase inicial da cultura pode comprometer a produtividade. Segundo os autores, a produtividade do milho diminui à medida que a aplicação do N é antecipada para a fase de afilhamento da cultura antecessora (aveia nesse caso).

A aplicação no início do desenvolvimento do milho pode promover maior desenvolvimento da planta gerando maior produtividade, pois é nessa fase que ocorrem diferenciações de várias partes da planta, sendo que a deficiência de N nessa fase promove a redução do número de óvulos nos primórdios da espiga (YAMADA, 1996).

Outro aspecto relevante é o método usado na aplicação do N, dos quais a aplicação de todo N em superfície tem despertado maior interesse, visto que proporciona algumas vantagens operacionais como à racionalização de maquinário e de mão-de-obra e maior flexibilidade no período que está sendo executada a adubação (SÁ, 1996; BASSO; CERETTA, 2000). Porém, mesmo com essas facilidades operacionais, Coelho et al. (2003) salientam que os resultados de experimentos a campo não são consistentes a ponto de se generalizar a recomendação desta prática, visto a extrema complexidade da dinâmica do N no solo, a qual sofre influência das variáveis ambientais. Além disso, Yamada; Abdalla (2000) salientam que os resultados de anos diferentes de pesquisa em SPD mostram perdas superiores a 40% por volatilização do N mesmo com irrigação para facilitar a incorporação no solo.

Nesse contexto, plantas leguminosas podem auxiliar quando utilizadas como adubos verdes, pois as espécies dessa família destacam-se pela capacidade de nodulação e fixação do nitrogênio atmosférico, além de associarem-se com fungos micorrízicos (AITA et al., 2001; SILVA et al., 2009b). Através do processo de fixação biológica ocorre a nodulação, onde ocorre a redução do N_2 devido ação da enzima nitrogenase presente em alguns organismos do solo e também através do uso de inoculantes. A quantidade de N fixado pelas leguminosas varia em função da espécie e das condições climáticas (CALEGARI et al., 1993).

Portanto, visto sua importância nos sistemas produtivos agrícolas, sua complexidade e inúmeras relações com o ambiente, o fornecimento de N feito por espécies vegetais pode contribuir com esse cenário.

2.4 LEGUMINOSAS

Antes mesmo da Era Cristã, o uso de plantas de cobertura do solo como adubação verde já era conhecida e utilizada por alguns povos, sendo que a primeira civilização a utilizar essa técnica com o objetivo de fertilizar o solo foram os chineses (1134-247 a.C.). Posteriormente, os gregos e romanos utilizaram algumas espécies como tremoço, fava e outras leguminosas para melhorar a qualidade do solo e aumentar a produtividade das culturas seguintes (PIETERS, 1927 citado por Negrini, 2007). Alguns desses resultados e observações são descritos por Browne (1944), o qual, já nessa época menciona melhoria dos atributos dos solos através do uso de leguminosas em cobertura, associado com outras práticas, como a rotação de culturas e o uso correto dos fertilizantes orgânicos e minerais.

O conceito de plantas de cobertura foi difundido a partir da introdução e consolidação do SPD, com a finalidade de manter os resíduos das espécies em superfície, atuando na proteção e melhoria das características do solo ao longo do tempo (CARVALHO; AMABILE, 2006). Além disso, os resíduos culturais em superfície servindo de cobertura do solo podem inibir as perdas de solo causadas pela erosão hídrica (PORTELA et al., 2010) e diminuir a população de plantas espontâneas (MARCOLINI, 2009).

Entre as características desejáveis para a seleção de espécies de plantas de cobertura, destacam-se: produção elevada de matéria seca, capacidade de incrementar nutrientes pela simbiose com microrganismos, cobertura efetiva do solo e reciclagem de macronutrientes (CHAVES; CALEGARI, 2001). Para Amado, Mielniczuk e Aita (2002) o cultivo de plantas de cobertura antecedendo a cultura do milho pode resultar no aumento da produtividade além do fato de que o uso das

espécies leguminosas contribui com a redução da necessidade de adubo nitrogenado.

Embora vantajoso, o uso de plantas de cobertura de verão pelos agricultores da região Sudoeste do Paraná ainda é restrito, pois assim como em várias outras regiões produtoras do país, uma parcela das áreas são mantidas em pousio durante um período no verão/outono. Segundo Fiorin, Schnell e Ruedell (2007), 81% das áreas de algumas regiões brasileiras mantém o solo em pousio nessa época do ano. Além disso, nesta época no sudoeste paranaense ocorre em grande escala o uso da aveia como alimento para o gado leiteiro, sendo deixado em cobertura apenas o material remanescente, ainda, o baixo percentual de utilização de plantas de cobertura de verão pode ter relação com a falta de conhecimento sobre a importância das espécies leguminosas usadas como adubos verdes, a escassez e pouca procura, bem como os altos preços das sementes no mercado local, a falta de trabalhos e divulgação dos resultados de pesquisas, o histórico de produção agrícola baseado na adoção de pacotes tecnológicos e a pouca diversificação de espécies de cobertura de solo.

Na tentativa de melhorar esse quadro, levando-se em consideração que o uso de plantas de cobertura busca inserir nos sistemas produtivos espécies vegetais adequadas e adaptadas a cada região (CALEGARI et al. 1993) algumas espécies leguminosas de plantas de cobertura tornam-se possíveis de inserção no sistema produtivo local. Dentre elas destacam-se as seguintes espécies utilizadas no presente estudo:

2.4.1 Crotalária juncea (*Crotalaria juncea* L.)

Esta leguminosa arbustiva tem seu centro de origem na Índia e adapta-se bem a regiões tropicais; foi introduzida no início do século XX como planta recuperadora de solo, considerada eficiente em precocidade, na produção de massa e como fixadora de nitrogênio (FORMENTINI et al., 2008). Desenvolve-se bem em clima tropical e subtropical, apresentando porte que varia de dois a três metros de altura e também rápido crescimento inicial, o que lhe confere maior competitividade

com espécies invasoras, além de um expressivo efeito supressor e alelopático sobre estas (CALEGARI et al., 1993; QUEIROZ et al., 2010).

Em relação ao cultivo, o espaçamento recomendado é de 50 cm entre fileiras, utilizando 22 a 27 sementes por metro linear. Necessita de aproximadamente 25 kg ha⁻¹ de sementes com uma produção em torno de 40 a 60 Mg ha⁻¹ de massa verde e 6 a 8 Mg ha⁻¹ de massa seca, fixando 180 a 300 kg ha⁻¹ de N. (FORMENTINI et al., 2008).

Adapta-se bem em diferentes tipos de solos, inclusive nos pobres em fertilidade, proporcionando conservação do nitrogênio no solo, melhorando a fertilidade e evitando perdas de N do sistema (ARAÚJO et al., 2005b).

2.4.2 Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*)

Esta espécie cujo nome se refere ao ruído de chocalho das vagens secas, semelhante ao emitido pela cobra cascavel (*Crotalus*) (BEVILAQUA, 2008) tem sua origem na Ásia Central e possui hábito de crescimento arbustivo ereto, atingindo de 0,6 a 1,5 metros de altura (CALEGARI et al., 1993).

O espaçamento recomendado é de 50 cm entre linhas, com 30 a 35 sementes por metro linear. Produz em média 4 a 6 Mg ha⁻¹ de massa seca, fixando entre 60 e 120 kg ha⁻¹ de N (FORMENTINI et al., 2008).

Apresenta ampla adaptação às regiões tropicais, sendo tolerante a geadas leves. Desenvolve-se bem em solos pobres em fertilidade, inclusive tem sido utilizada em programas de revegetação de áreas, visto sua capacidade de sobreviver em ambientes degradados com reduzida quantidade de matéria orgânica e de diversos nutrientes, principalmente de nitrogênio (ARAÚJO et al., 2005a).

Possui bom efeito no controle de nematóides de galhas (*Meloidogyne* spp.), servindo de planta armadilha (FORMENTINI et al., 2008). Apresenta toxicidade para os animais, principalmente suínos, ocasionados pela substância monocrotalina de efeito hepatotóxico (CALEGARI et al., 1993).

2.4.3 Guandu anão (*Cajanus cajan* L.)

Foi introduzida no Brasil e Guianas pela rota dos escravos procedentes da África, tornando-se largamente distribuída e semi-naturalizada na região tropical, onde assumiu importância como fonte de alimento humano, forragem e também como cultura para adubação verde (SEIFFER; THIAGO, 1983).

As folhas são trifolioladas, com folíolos lanceolados ou elípticos, de quatro a 10 cm de comprimento e três cm de largura. As flores apresentam-se em racemos terminais com 1,5 a 1,8 cm de comprimento, de cor amarela ou amarelo-alaranjado, podendo apresentar estandartes salpicados ou mesmo totalmente púrpura ou avermelhados. As vagens são indeiscentes, de cor verde-marrom ou púrpuras, ou mesmo verde salpicadas de marrom, com formato oblonga, com 8,0 cm de comprimento e 1,4 cm de largura (SEIFFERT; THIAGO, 1983).

Possui sistema radicular bem desenvolvido em profundidade, adaptando-se a uma ampla faixa de precipitação pluviométrica e desenvolvendo-se melhor em temperaturas mais elevadas. Devido ao seu porte alto tolera geadas de menor intensidade (SEIFFERT; THIAGO, 1983; BARRETO; FERNANDES, 2001).

É pouco exigente em relação à fertilidade do solo, não tolerando terrenos úmidos e desenvolve-se bem em solos compactados e de média fertilidade (CALEGARI et al., 1993). O espaçamento recomendado é de 0,5 a 1,0 m entre linhas, com 20 a 30 sementes por metro linear (50 a 60 kg ha⁻¹ de sementes). Sua produtividade de massa seca varia de 3 a 6 Mg ha⁻¹, fixando de 120 a 350 kg ha⁻¹ de N (FORMENTINI et al., 2008).

2.4.4 Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*)

Tem sua origem na América Central, México e Antilhas. Possui hábito de crescimento arbustivo, com 80 a 100 cm de altura. Essa espécie é resistente a altas temperaturas, tolerante ao sombreamento parcial e não tolera geadas. (CALEGARI et al., 1993).

A importância dessa espécie como planta de cobertura é descrita assim por Correa (1926) citado por Monegat (1991): “*Para nós o valor principal desta espécie*

consiste na sua notável rusticidade e adaptação aos solos paupérrimos que imediatamente enriquece”.

Desenvolvem-se bem em solos compactados e argilosos, promovendo boa cobertura do solo. Possui efeito alelopático às plantas invasoras, controlando eficientemente a tiririca (*Cyperus* spp.) e a grama seda (*Cynodon dactylon* L.). Devido ao seu alto teor de proteína bruta (22% na forragem e 36% na semente), o uso na alimentação animal deve ser feita de forma gradativa, pois as sementes contêm o aminoácido canavanina, o qual é convertido em sais de uréia que apresentam toxicidade aos animais (CALEGARI et al., 1993).

Possui ciclo anual longo (180 dias) ou bianual. A densidade de plantio é de aproximadamente 100 kg ha⁻¹ de sementes, porém também há recomendações de 150 a 200 kg ha⁻¹, geralmente semeadas com 50 cm entre linhas (BEVILAQUA et al., 2008).

A taxa de polinização cruzada é expressiva (ao redor de 20%), feita por insetos polinizadores, no entanto, a espécie também apresenta auto-fecundação, produzindo sementes mesmo sem a presença de insetos. Sua produção de matéria seca varia de acordo com as condições de clima e épocas de plantio, apresentando variação de 5 a 8 Mg ha⁻¹, fixando 100 a 180 kg ha⁻¹ de N (BEVILAQUA et al., 2008).

2.4.5 Lab lab (*Dolichos lablab*)

O lab lab tem sua origem na África e possui ciclo anual ou bianual, com hábito de crescimento trepador livre, podendo atingir até um metro de altura. Adapta-se bem em solos de baixa fertilidade, entretanto a planta pode apresentar crescimento inicial lento (SEIFFERT; THIAGO, 1983).

Possui produtividade de massa verde em torno de 15 a 30 Mg ha⁻¹ e 8 Mg ha⁻¹ de massa seca, fixando 220 kg ha⁻¹ de N e produção de 500 kg ha⁻¹ de sementes (BEVILAQUA et al., 2008).

Não toleram geadas e secas severas, podendo ser utilizados para recuperação de solos degradados. Apresenta suscetibilidade ao ataque de

vaquinhas (*Cerotoma* spp., *Diabrotica speciosa*), percevejos, carunchos, além de ser boa hospedeira de nematóides formadores de galhas (FORMENTINI et al., 2008).

2.4.6 Mucuna anã (*Mucuna deeringiana*)

Espécie originária da África desenvolve-se bem em solos tropicais e subtropicais, mostrando boa resistência à seca. Possui hábito de crescimento herbáceo e determinado, com altura entre 0,6 a 1,0 m. Seu ciclo é anual, variando de 90 a 120 dias, com produção de 2 a 4 Mg ha⁻¹ de massa seca. Fixa de 50 a 100 kg ha⁻¹ de N e produz 800 a 1000 kg ha⁻¹ de sementes (FORMENTINI, 2008).

É uma planta semi-ereta que pode atingir de 40 a 80 cm de altura. Os ramos não são trepadores e as folhas possuem três grandes folíolos. O florescimento ocorre por volta dos 90 dias e suas flores possuem coloração violeta. As vagens são escuras, coriáceas, medem de 5 a 6 cm de comprimento e contêm 3 a 5 sementes arredondadas, rajadas de pardo sobre fundo cinza, com hilo esbranquiçado que ocupa quase a metade da semente (MIYASAKA, 1980).

Essa espécie é pouco exigente quanto à fertilidade e difere das outras variedades de mucuna devido seu hábito de crescimento determinado, enquanto que as demais possuem hábito de crescimento trepador (cipó) ou rasteiro (FORMENTINI et al., 2008).

2.4.7 Mucuna preta (*Mucuna aterrima*)

Tem sua origem na China e pode ser considerada a “rainha” das forrageiras devido a sua ampla e variada utilização, principalmente nos países africanos. Possui hábito de crescimento rasteiro ou trepador muito vigoroso, não ultrapassando os 90 cm de altura quando rasteira. O ciclo é anual ou bianual com produtividade de massa verde de 40 a 50 Mg ha⁻¹ e 7 a 8 Mg ha⁻¹ de matéria seca. Fixa 180 a 220 kg ha⁻¹ de N e produz aproximadamente 1.200 kg ha⁻¹ de sementes (FORMENTINI et al., 2008).

Apresenta desenvolvimento vegetativo eficiente e acentuada rusticidade, adaptando-se bem às condições de deficiência hídrica e de temperaturas altas.

Floresce e frutifica de maneira variável, porém não possui reação fotoperiódica (PEREIRA, 1982; FORMENTINI et al., 2008).

Possui eficiência no controle da população de nematóides formadores de galhas no solo. É ligeiramente resistente ao encharcamento temporário do solo e apresenta bom desenvolvimento em solos ácidos e de baixa fertilidade (CALEGARI et al., 1983).

2.5 TAXA DE DECOMPOSIÇÃO

O processo de decomposição é definido como a desintegração gradual de organismos mortos até que sua estrutura não possa mais ser reconhecida e que moléculas orgânicas complexas sejam fragmentadas em dióxido de carbono, água e componentes minerais (MASON, 1980 citado por CASTANHO, 2005).

A decomposição dos resíduos vegetais ocorre mais rapidamente nas regiões de clima tropical com condições de temperaturas e umidade elevadas. Isso acarreta na diminuição do tempo de permanência da palhada em superfície, que somado a dinâmica de liberação dos nutrientes, tornam-se aspectos importantes para a busca de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto permanentemente (KLIEMANN et al., 2006). Assim, deve-se atentar para a quantidade e durabilidade da palhada produzida pela espécie antecedente à cultura principal (ALVES et al., 2006).

Para tal, as plantas de cobertura exercem bem esse papel, pois cobrem e mantêm resíduo sobre o solo, sendo capazes de reciclar nutrientes e disponibilizá-los após o manejo e a decomposição da fitomassa, liberando-os gradativamente para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al., 2008).

Outro fator importante é o tempo necessário para liberação dos nutrientes após a reciclagem, podendo ser rápido e intenso (ROSOLEM et al., 2003) ou lento e gradual (PAULETTI, 1999). Segundo Dickow (2010), as condições ambientais, a qualidade da serrapilheira, a comunidade decompositora e a relação C/N são fatores essenciais nesse processo. Para Heinzmann (1985), a relação C/N é um dos principais fatores que controlam o processo de decomposição, uma vez que o N é o

fator limitante para o crescimento e atividade microbiana durante tal processo (GIACOMINI, 2005).

Em geral, o processo de decomposição das espécies de cobertura de solo pode ser agrupado em duas classes: uma de decomposição rápida (leguminosas, brássicas) e outra de decomposição lenta (gramíneas) (HEINZMANN, 1985). De acordo com Monegat (1991), a relação C:N 25 é o valor considerado próximo ao equilíbrio entre os processos de mineralização e imobilização de N, salientando-se que as maiores taxas de decomposição dos resíduos vegetais ocorrem nas fases iniciais do processo (AITA; GIACOMINI, 2003).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA E INSTALAÇÃO DO EXPERIMENTO

O estudo foi conduzido na área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Dois Vizinhos, situada a 25° 42' 52" de latitude S e longitude de 53° 03' 94" W-GR, numa altitude de 530 metros acima do nível do mar e com solo do tipo Nitossolo Vermelho (BHERING et al., 2008). Segundo Alvares (2013), o clima regional é Cfa (subtropical úmido).

A área experimental está localizada na Unidade de Ensino e Pesquisa do setor de culturas anuais, com um histórico recente de culturas anuais (Figura 1).



Figura 1- Vista aérea da área experimental de culturas anuais. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

Os dados climáticos de precipitação pluvial e temperatura média do ar, referente ao período experimental (Figura 2), foram obtidos na unidade da estação meteorológica do INMET, instalada na Estação Experimental da UTFPR, Campus Dois Vizinhos.

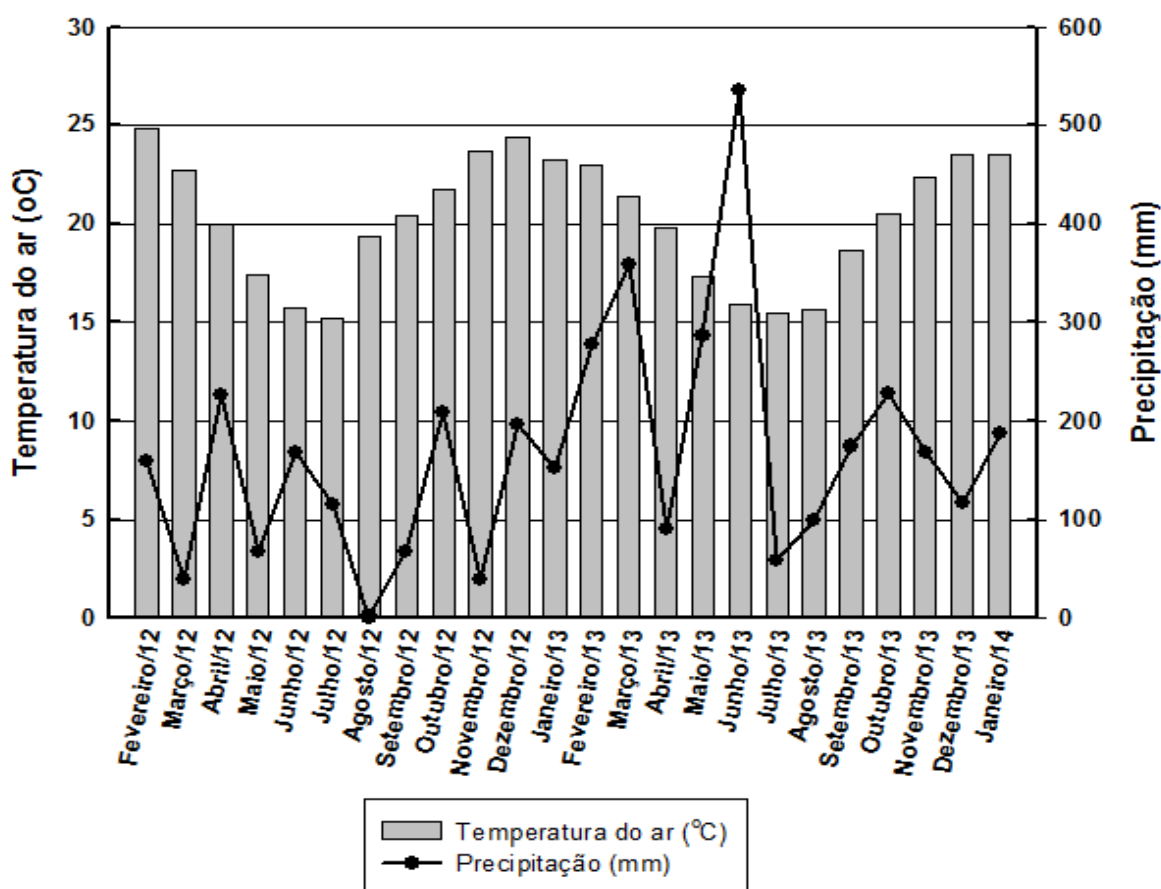


Figura 2- Médias mensais de temperatura média diária do ar e precipitação pluvial, durante o período de avaliação do experimento. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

3.2 TRATAMENTOS E DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foram manejados diferentes sistemas de leguminosas de verão e uma parcela testemunha (pousio) para cobertura do solo antecedendo a cultura do milho, todos implementados em sistema de plantio direto no período de fevereiro de 2012 a janeiro de 2014. As espécies utilizadas e suas respectivas densidades de semeadura foram:

1. Crotalária juncea (*Crotalaria juncea*) (25 kg ha⁻¹);
2. Crotalária spectabilis (*Crotalaria spectabilis*) (12 kg ha⁻¹);
3. Feijão de porco (*Canavalia ensiformes*) (100 kg ha⁻¹);
4. Guandu anão (*Cajanus cajan*) (50 kg ha⁻¹);

5. Lab lab (*Dolichos lablab*) (50 kg ha⁻¹);
6. Mucuna anã (*Mucuna deeringiana*) (80 kg ha⁻¹);
7. Mucuna preta (*Mucuna aterrima*) (60 kg ha⁻¹);
8. Pousio (constituído apenas de espécies espontâneas de verão).

Para avaliar o efeito das plantas de cobertura na disponibilização de N e parâmetros do milho utilizaram-se duas doses de N mineral na forma de uréia (0 e 180 kg ha⁻¹, definidas como COM e SEM aplicação) para a cultura principal (milho) na fase inicial de desenvolvimento. A adubação de cobertura nas sub-parcelas COM N-mineral foi realizada manualmente em dose única de 180 kg ha⁻¹ de N, sob condições de umidade adequada, direcionada próximo as linhas de semeadura aos 47 DAS na safra 2012/13 (estágio V10) e 41 DAS na safra 2013/14 (estágio V8).

Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso em esquema fatorial com três repetições, constituído o estabelecimento dos sistemas das plantas de cobertura do solo nas parcelas principais de 5 x 10 m (fator A), e nas parcelas subdivididas de 5 x 5 m (fator B), com e sem a utilização de adubação química nitrogenada, tendo o experimento área total de 1.200 m².

Antecedendo a semeadura das coberturas de verão realizou-se a aplicação de herbicida Glifosato, marca comercial Roundap WG, Monsanto (1,5 kg ha⁻¹) para dessecção das plantas daninhas em área total. No ano de 2012, as plantas de cobertura foram semeadas no dia 16 de fevereiro, enquanto que no ano de 2013 foram semeadas no dia 13 de fevereiro. Para ambos os anos utilizou-se semeadura manual com espaçamento de 0,5 m entre linhas.

As semeaduras do milho (híbrido simples Pioneer P32R48) ocorreram no dia 14/09/2012 e 06/09/2013, com espaçamento de 0,90 m entre linhas e densidade de semeadura estimada para 75.000 plantas ha⁻¹. Para ambas as safras utilizou-se como adubação de base 250 kg ha⁻¹ da formulação NPK 0:20:20, o que promoveu a disponibilização da mesma quantidade de P e K em todas as parcelas (50 kg ha⁻¹ de P₂O₅ + 50 kg ha⁻¹ de K₂O).

Para o manejo de plantas daninhas na cultura do milho realizaram-se aplicações do herbicida Nicosulfuron, marca comercial Sanson, Basf (1,5 L ha⁻¹) aos 35 e 34 dias após a semeadura (DAS) na safra 2012/13 e 2012/13, respectivamente.

3.3 PARÂMETROS AVALIADOS

3.3.1 Plantas de Cobertura de verão

No ano de 2013 foram realizadas avaliações referentes à taxa de cobertura do solo pelas plantas de cobertura de verão. Utilizou-se método fotográfico (Figura 3), que consiste na avaliação das imagens digitais coletadas a campo. As coletas foram efetuadas aos 15, 21, 30, 45, 60 e 75 DAS. Demarcaram-se dois pontos fixos em cada parcela, colocando um quadrado metálico de 0,5 x 0,5 m (0,25 m²) no solo, sobre as plantas de cobertura e realizaram-se a captura das imagens após o posicionamento da máquina digital (Sony® - 7.2 Mega pixels) a um metro de altura, aproximadamente. Posteriormente, as imagens digitais foram transferidas para o programa computacional *Power point*, onde foi inserido um quadriculado com 100 pontos, sobre cada imagem. Os pontos de intersecção que ficavam sobre as plantas de cobertura foram quantificados, expressando em porcentagem a taxa de cobertura do solo.



Figura 3- Avaliação da taxa de cobertura do solo pelas culturas de cobertura de verão no ano de 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos PR, 2014.

A coleta dos materiais no primeiro ano de avaliação foi realizada em 21/06/12, quando as plantas de cobertura estavam com 131 DAS, sendo que as espécies crotalária juncea, crotalária spectabilis, mucuna preta e lab lab encontravam-se no estágio de pleno florescimento. O guandu anão estava no início do florescimento

enquanto a mucuna anã e o feijão de porco estavam no final do florescimento, apresentando algumas vagens. No segundo ano a coleta da biomassa foi realizada em 04/07/13, quando as plantas de cobertura estavam com 141 DAS, sendo que a mucuna preta e a crotalária spectabilis estavam em pleno florescimento, o lab lab e o feijão guandu apresentavam início de floração e o feijão de porco, a crotalária juncea e a mucuna anã estavam com vagens formadas.

Para as coletas do material vegetal, utilizou-se quadro metálico com área conhecida ($0,25 \text{ m}^2$) em dois pontos aleatórios por parcela, sendo coletado todo material rente ao chão e colocado em sacos de papel previamente identificados. Devido ao hábito de crescimento, para a crotalária juncea foi feita a coleta em duas linhas de um metro no centro das parcelas. Posteriormente, o material foi colocado em estufa de circulação de ar forçado a 60°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) por 72 h até atingir peso constante. Após completa secagem da biomassa, as amostras foram pesadas em balança semi-analítica para a obtenção da MS. No ano de 2012, geadas ocorridas no final do ciclo das plantas de cobertura de verão, deixaram-nas secas, efetuando-se assim apenas a derrubada manual das mesmas (05/07/2012). Já no ano de 2013 não ocorreram geadas severas e o manejo das plantas de cobertura foi realizado através de roçada (27/08/2013) e posterior aplicação de herbicida Glifosato, marca comercial Roundup WG, Monsanto ($1,5 \text{ kg ha}^{-1}$) para evitar rebrote das mesmas.

A decomposição e liberação de N das plantas de cobertura foram determinadas utilizando-se o método de *litter bags*, o qual consiste na utilização de bolsas de decomposição confeccionadas com tecido *voil*, com malha inferior a um mm, nas dimensões de $0,2 \times 0,2 \text{ m}$, perfazendo área interna de $0,04 \text{ m}^2$. Para encher os *litter bags*, utilizou-se material vegetal previamente seco, fracionado em pedaços de aproximadamente 10 cm, contemplando todas as partes das plantas e livres de quaisquer impurezas. As quantidades de MS utilizadas para o preenchimento da bolsa foram baseadas nas quantidades de material produzido por hectare para cada cultura de cobertura, calculando-se a proporção.

Nos dois anos de avaliação da taxa de decomposição, foram depositadas a campo na superfície do solo (20/07/2012 e 10/09/2013, respectivamente) 7 *litter*

bags de igual peso, nas entrelinhas das respectivas parcelas do material de origem. Uma das amostras serviu como testemunha (tempo zero), sendo armazenado em local seco e protegido. A quantificação da taxa de decomposição foi feita mediante a quantidade de massa perdida, sendo as coletas dos *litter bags* realizadas em intervalos regulares de tempo pré-determinados, correspondendo aos: 15; 30; 45; 60; 90; 120 e 150 dias após a deposição dos mesmos no campo para o ano de 2012 e 15; 30; 45; 60; 75; 90 e 120 dias no ano de 2013.

Após cada coleta, os *litter bags* passaram por uma limpeza externa, retirando principalmente o solo aderido nas bolsas e na sequência eram colocados para secagem em estufa de circulação forçada de ar, com temperatura de 55°C ($\pm 5^\circ\text{C}$) por 48 h. Em seguida, o material vegetal remanescente foi pesado em balança semi-analítica e triturado em moinho de facas tipo willey, equipado com peneira de 20 mesh.

As determinações dos teores de N-total contidos nos tecidos vegetais das plantas de cobertura foram efetuadas de acordo com metodologia descrita pela Embrapa (1999). Para estimativa de liberação de N pelas plantas de cobertura foi calculada a diferença nos teores de N do tempo zero em relação aos demais períodos coletados a campo. Para quantificação do C orgânico as amostras foram analisadas seguindo o método de Yeomans e Bremner (1988), com algumas modificações descritas por Dahlem (2013). A metodologia utilizada foi a seguinte: em cada tubo de ensaio foram colocados 0,1g de tecido vegetal seco e moído, acrescentou-se 10 mL (pipetados) de solução de dicromato de potássio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) 0,337M e 10 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado. No bloco digestor pré-aquecido por 30 minutos a 150°C foram colocados os tubos de ensaio com as amostras, que permaneceram digerindo por 30 minutos sob mesma temperatura. Esferas de vidro foram depositadas sobre cada tubo para evitar perdas de gases por volatilização. Após a digestão, as amostras foram transferidas para erlenmeyers de 250 mL, adicionando 2 mL de ácido fosfórico (H_3PO_4) (puro) e 4 a 5 gotas de indicador difenilamina 1% (diluído em H_2SO_4 concentrado). As amostras foram tituladas com sulfato ferroso (0,5M) e os valores obtidos na titulação foram aplicados nas fórmulas:

$$A = [(V_{ba} - V_{am}) * (V_{bm} - V_{ba}) / V_{bm}] + (V_{ba} - V_{bm})$$

$$CO \text{ (dag kg}^{-1}\text{)} = ((A * \text{molaridade de sulfato ferroso}) * 3 * 100 / \text{peso amostra} * 1000)$$

Onde:

CO= Carbono Orgânico;

V_{am}= Volume gasto de sulfato ferroso (0,5M) na titulação da amostra;

V_{ba}= Volume de sulfato ferroso gasto na titulação do branco aquecido;

V_{bm}= Volume de sulfato ferroso gasto na titulação do branco não aquecido.

3.3.2 Cultura do Milho

No estágio de pendramento da cultura do milho, ocorrido aos 82 DAS na safra 2012/2013 (04/12/2012) e 83 DAS na safra 2013/14 (28/11/2013) realizaram-se avaliações dos parâmetros agrônômicos da cultura: altura de plantas (desde a base do solo até a inserção do pendão), diâmetro de colmo (através de paquímetro manual a 10 cm acima da base do solo) e estande de plantas sobre as diferentes plantas de cobertura de verão. Ainda foram coletadas folhas bandeira do milho (10 plantas por parcela) para determinação da quantidade de N total na planta.

Para a estimativa da produção de matéria seca das plantas de milho, realizadas aos 102 DAS na safra 2012/2013 e aos 98 DAS na safra de 2013/14 (fase de enchimento de grãos), foram utilizadas cinco plantas por parcela coletadas na parte central da área útil da parcela, usando como base de cálculo para determinação da MS o estande da população de plantas de milho verificado sobre as plantas de cobertura do solo. As plantas inteiras de milho foram pré-secas a sombra e depois submetidas à secagem em estufa de circulação de ar forçada, com temperatura de 65°C (± 5°C), até atingirem peso constante. Após, foram pesadas, moídas em triturador de forragens e subamostradas. As subamostras de tecido vegetal foram trituradas em moinho de facas tipo willey, equipado com peneira de 20

mesh, identificadas individualmente e armazenadas para determinação de N-total e C-orgânico em laboratório.

A colheita do milho foi realizada de forma manual aos 138 DAS na safra 2012/2013 (30/01/2013) e aos 151 DAS na safra 2013/2014 (07/02/2014) em linhas igualmente pré-definidas para todos os tratamentos em uma área de 5,4 m² dentro de cada parcela. Em ambas as safras as espigas foram passadas em debulhador elétrico, sendo realizada a pesagem da produção de grãos e determinada a umidade na safra de 2012/2013 através do medidor Multigrain[®] e na safra de 2013/2014 pelo método da estufa 105°C por 24 h. O rendimento de grãos foi estimado por meio da extrapolação da produção colhida na área útil das parcelas para hectare.

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, pelo programa computacional Assistat 7.6 Beta (2012) desenvolvido por Silva e Azevedo (2009a). Para os dados de MS remanescente e quantidade de N disponibilizado pelas plantas de cobertura foram aplicadas análises de regressão, adotando-se como critério para escolha do modelo, a significância dos coeficientes da regressão e a magnitude dos coeficientes de determinação, utilizando o programa SigmaPlot[®] 10.0.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 PLANTAS DE COBERTURA DO SOLO

4.1.1 Taxa de Cobertura do Solo

A taxa de cobertura foi avaliada apenas no segundo ano agrícola (2013) e as culturas apresentaram comportamento distinto em seu desenvolvimento,

provavelmente em função das características próprias de cada espécie (Tabela 1). A taxa de cobertura da crotalaria juncea não foi efetuada devido a impossibilidade de coleta dos dados mediante metodologia empregada.

Até os 30 dias observou-se diferença entre os tratamentos, onde o feijão de porco e a mucuna preta apresentaram a maior taxa de cobertura cobrindo de forma bastante significativa o solo (55,7% e 56,9% respectivamente), com taxa de crescimento inicial bastante elevada. Esta característica de rápido recobrimento do solo é importante, pois confere a essas espécies um bom controle da erosão e proteção do solo em curto espaço de tempo. Resultados similares foram constatados por Sodré Filho et al. (2004) onde no cerrado brasileiro em um Latossolo Vermelho-amarelo e mesma época de semeadura a mucuna preta aos 30 DAS apresentou taxa de cobertura de 39% e aos 60 DAS 60% e por Silva et al. (2011) que usando o mesmo espaçamento entre sulcos do presente trabalho, encontraram no município de Seropédica-RJ taxa de cobertura de 45% nos primeiros 30 dias. Para o feijão de porco Carvalho et al. (2013) também encontraram desempenho similar, onde o mesmo apresentou crescimento inicial rápido chegando a 32% aos 15 DAS. Essa característica foi verificada por Carvalho; Amabile (2006), onde os autores atribuem tal desempenho ao crescimento acelerado e às amplas folhas cotiledonares da espécie, que favorecem a rápida cobertura do solo.

Tabela 1- Taxa de cobertura do solo (%) pelas culturas de cobertura de verão, até os 75 dias após a semeadura (DAS) no período de 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	2013 (DAS)																	
	15			21			30			45			60			75		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- % -----																	
Crot. Juncea	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Crot. spectabilis	5,6	5,8	5,7 c*	11,8	12,8	12,3 c	27,3	27,6	27,5 d	41,5	42,3	41,9 d	64,5	65,1	64,8 d	75,8	76,8	76,3 bc
Feijão de porco	35,3	36,5	36,0 a	41,6	42,1	41,9 a	55,1	56,3	55,7 a	88,1	88,3	88,2 a	99,0	99,5	99,2 a	99,3	99,8	99,5 a
Guandu anão	7	7,8	7,4 bc	16,3	16,8	16,5 bc	27,8	28,1	28,0 d	37,0	38,3	37,6 e	51,5	52,5	52,5 e	69,0	70,6	69,8 c
Lab lab	11,6	12,3	12,0 b	22,6	23,0	22,8 b	31,0	31,3	31,1 b	51,3	52	51,6 c	76,6	78,6	77,6 c	77,1	93,6	85,4 ab
Mucuna anã	10,3	10,5	10,0 bc	15,5	15,6	15,5 c	28,8	30,3	29,5 c	41,1	42,0	41,5 d	64,6	65,3	65 d	80,8	82,0	81,4 bc
Mucuna preta	37,6	38,8	38,0 a	42,5	43,3	42,9 a	56,3	57,5	56,9 a	75,0	76,3	75,6 b	89,1	89,8	89,5 b	99,3	99,6	99,5 a
Médias	18 b	19 a	-	25 a	25 a	-	38 b	39 a	-	56 b	57 a	-	74 b	75 a	-	83 a	87 a	-
CV%	3,9		15	3,2		9,8	1,9		1,8	1,1		0,5	0,9		0,7	9,1		8,7

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Aos 45 DAS, observa-se que o feijão de porco diferiu dos demais tratamentos, apresentando cobertura do solo de 88,2%. Com 75 DAS todos os tratamentos apresentavam taxa de cobertura do solo igual ou superior a 69% (Tabela 1). Assim, como a semeadura ocorreu em 16/02/2013 isso significa em termos práticos que no início de maio o solo encontrava-se totalmente coberto para a maioria das culturas, propiciando boa proteção contra os processos erosivos. Segundo Bertol et al. (2002), a cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais contribui para reduzir as perdas de solo em aproximadamente 50% em relação ao solo descoberto.

Os menores índices de cobertura do solo ao término das avaliações foram observados no guandu anão (69,8%), associando possivelmente a sua arquitetura ereta. Esse valor encontrado no guandu anão é superior ao encontrado por Duarte (2010), onde em época de baixa pluviosidade na região norte de Minas Gerais determinou valores de taxa de cobertura do solo de 14,3%.

4.1.2 Rendimento de Matéria Seca da Parte Aérea

Para o ano de 2012, as maiores produções de MS dos adubos verdes foram obtidas com o feijão de porco (5,6 Mg ha⁻¹) (Tabela 2). Valores semelhantes foram verificados por Almeida; Camara (2011), estando dentro das faixas de produção apresentados na literatura com valores de 5 a 8 Mg ha⁻¹ (PENTEADO, 2007).

Tabela 2- Rendimento de matéria seca (MS) da parte aérea das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	2012			2013		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- Mg ha ⁻¹ -----					
Crot. juncea	2,4	3,5	2,9 abc*	4,5	4,9	4,7 b
Crot. spectabilis	2,2	2,4	2,3 bc	1,9	1,4	1,6 b
Feijão de porco	4,8	6,5	5,6 a	9,2	7,5	8,4 a
Guandu anão	1,5	2,0	1,7 bc	2,5	1,9	2,2 b
Lab lab	4,1	5,2	4,6 ab	4,2	5,7	5,0 ab
Mucuna anã	1,8	2,1	1,9 bc	2,6	2,5	2,6 b
Mucuna preta	1,3	1,6	1,4 c	3,9	3,4	3,7 b
Médias	2,6 B	3,3 A	-	4,1 A	3,9 A	-
CV%	52,1		32,5	45,0		41,4

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada ano, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

O guandu anão apresentou o menor rendimento de MS entre as plantas de cobertura de verão estudadas, produzindo em torno de 3 vezes menos MS que a espécie mais produtiva. Essa menor produção de MS pode ser decorrência de seu desenvolvimento inicial lento (SUZUKI; ALVES, 2006) e características da espécie selecionada para ser de menor porte e facilitar a colheita mecanizada.

No ano de 2012 houve efeito da adubação nitrogenada (27% superiores na média) no desenvolvimento das leguminosas, fator esse que pode estar associado à ausência de inoculação nessas espécies o que pode ter retardado o processo de nodulação fazendo com que as plantas nas subparcela nitrogenadas tivessem um desenvolvimento inicial superior às demais.

Em relação a produção de MS no ano de 2013, com exceção da crotalaria spectabilis, todos os tratamentos apresentaram produtividade numericamente superior em relação ao ano de 2012 (Tabela 2). A maior produção novamente foi obtida pelo feijão de porco (8,4 Mg ha⁻¹) seguido pelo lab lab (5,0 Mg ha⁻¹).

4.1.3 Carbono e Nitrogênio da Parte Aérea e Relação C:N

Os tratamentos apresentaram diferença nos teores de C da parte aérea para o ano de 2012, onde as menores concentrações ocorreram no lab lab (Tabela 3). Os maiores valores ocorreram na crotalária juncea, guandu anão, mucuna anã e mucuna preta (403, 392, 386 e 387 g kg⁻¹ respectivamente). No caso da crotalária juncea e do guandu anão o contínuo desfolhamento da planta pode ter mascarado tanto a produção de MS da espécie quanto o teor de C. Isto ocorre devido à maior proporção de colmo em relação a folhas a campo.

Já para o N, os maiores teores foram encontrados nos tecidos do feijão de porco e lab lab (33 g kg⁻¹) para o ano de 2012 diferindo dos demais tratamentos. Valores maiores para o feijão de porco (38,2 g kg⁻¹), e menores do que os encontrados no lab lab (30,4 g kg⁻¹) foram encontrados em Montes Claros-MG por Duarte (2010).

O guandu anão e a crotalária juncea foram as espécies que apresentaram a maior relação C:N, de 20 e 19 respectivamente. Valores maiores foram verificados por Calvo (2010) 28,3 e Formentini et al. (2008) 29. Já os menores valores de relação C:N foram encontrados no lab lab e no feijão de porco, 11 e 12 respectivamente; valor maior para o feijão de porco (19) e igual (11) para o lab lab foram encontrados por Formentini et al. (2008). Em 2013 não houve diferença para teores de C e N.

Tabela 3- Teor de carbono orgânico (C), nitrogênio total (N), e relação carbono-nitrogenio (C:N) das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR, Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	2012									2013								
	C			N			C:N			C			N			C:N		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- g kg ⁻¹ - -----																	
Crot. juncea	403	403	403 a*	21	21	21 b	19	19	19 ab	423	419	422 ns**	26	26	26 ns	16	16	16 a
Crot. spectabilis	389	374	382 b	23	24	24 b	17	15	16 c	406	405	406	30	30	30	14	13	14 ab
Feijão de porco	387	381	384 b	32	35	33 a	12	11	12 d	396	393	395	31	36	34	12	11	12 b
Guandu anão	388	395	392 ab	19	20	20 b	20	19	20 a	421	421	421	30	32	31	14	13	14 ab
Lab lab	349	333	341 c	32	33	33 a	11	10	11 d	357	352	355	35	32	33	10	11	11 b
Mucuna anã	382	389	386 ab	23	23	23 b	17	17	17 c	397	260	329	34	31	33	12	8	10 b
Mucuna preta	387	387	387 ab	22	22	22 b	18	18	18 bc	383	395	389	31	33	32	12	12	12 ab
Médias	384 ns	380	-	24 ns	25	-	16 ns	15	-	398 ns	378	-	31 ns	30	-	13 ns	12	-
CV%	2,5	2,4		8,1	8,6		7,0	6,0		15,4	16,4		20,8	16,8		15,5	17,9	

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

**ns: Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Os maiores valores médios de N acumulado foram encontrados no feijão de porco em ambos os anos avaliados (188 e 292 kg ha⁻¹ em 2012 e 2013, respectivamente), diferindo no ano de 2012 de todos os demais tratamentos e sendo igual apenas ao lab lab (167 kg ha⁻¹) no ano de 2013 (Tabela 4). Tal fator remete à produção de MS (Tabela 2) onde as plantas de cobertura (todas leguminosas) também foram responsivas a adubação de N-mineral no milho antecessor. Esse resultado não era esperado, pois geralmente leguminosas são pouco responsivas quando adubadas com N. No entanto, cabe-se ressaltar que devido à ausência de uso de inoculante específico para essas culturas a semeadura foi efetuada sem inoculação.

Com exceção da *crotalaria spectabilis*, todos os demais tratamentos apresentaram aumento da quantidade de N acumulado no ano de 2013 em relação ao ano de 2012, estando essa variação segundo Dakora; Keya (1997) relacionado a fatores como: umidade relativa, temperatura, umidade do solo, nutrição, genótipo da planta e estirpe de bactéria diazotrófica que pode interferir no potencial de fixação biológica de N₂ (FBN) das leguminosas e por consequência o teor de N na planta.

A maioria dos tratamentos apresentaram valores próximos ou superiores aos encontrados em espécies de inverno amplamente utilizadas antecedendo o milho na região, como demonstram os resultados de 120 kg ha⁻¹ com consórcio entre ervilhaca, aveia e nabo forrageiro (Balbinot, 2011) ou obtidos por Dahlem (2013) com 90 kg ha⁻¹. Essa eficiência está relacionada à capacidade das leguminosas na fixação biológica de N atmosférico via simbiose (AMADO et al., 2002; SILVA et al., 2008), mostrando-se uma boa opção de uso em sistemas de rotação de culturas, principalmente antecedendo o milho que é uma cultura em que o N é um dos nutrientes mais importantes, podendo trazer aumento na produtividade e diminuição de custos de produção, uma vez que o N sintético é um dos itens de maior impacto nos gastos dos agricultores (ACOSTA, 2009).

Tabela 4- Nitrogênio total (N) acumulado pela parte aérea da matéria seca das culturas de cobertura de verão no ano de 2012 e 2013. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	2012			2013		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- Kg ha ⁻¹ -----					
Crot. juncea	51 bA*	74 bA	63	118	132	125 b
Crot. spectabilis	51 bA	59 bA	55	58	42	50 b
Feijão de porco	151 aB	226 aA	188	306	278	292 a
Guandu anão	29 bA	41 bA	35	78	62	70 b
Lab lab	129 bA	104 bA	116	149	186	167 b
Mucuna anã	40 bA	48 bA	44	89	118	104 b
Mucuna preta	29 bA	35 bA	32	125	117	121 b
Médias	69	84	-	132 A	134 A	-
CV%		13,7		45,5		43,3

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada ano, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

O uso de inoculante pode resultar em aumento da FBN na soja, onde segundo Silva et al. (2011) a simbiose com bactérias do gênero *Bradyrhizobium* (rizóbio) foi uma das grandes propulsoras para o cultivo em larga escala dessa cultura no Brasil.

Resultados obtidos por Souza; Moreira (2011) em trabalho realizado em Confresa-MT mostram que o rendimento de grãos de feijão caupi proveniente da inoculação foi superior a 40% em relação à testemunha sem uso de N, sendo semelhante estatisticamente a produção com adubação nitrogenada. Assim, além dos ganhos de produção, o uso desta tecnologia reduz os gastos, visto que os custos com inoculação são bem menores que o praticado no sistema com uso de fertilizantes nitrogenados.

Essa resposta da adubação nitrogenada na produção de MS e acúmulo de N pelas leguminosas no presente trabalho pode estar relacionado com a ineficiência das estirpes nativas em suprir o N necessário para o crescimento e desenvolvimento adequado das plantas. Resultados parecidos foram encontrados por Guedes et al. (2010), onde em um Neossolo Flúvico no município de Pombal-PB, uma menor produção de fitomassa foi obtida no tratamento onde não foi realizada inoculação e nem adubação nitrogenada (testemunha), sendo a maior produção de fitomassa

encontrada no tratamento inoculado com estirpe específica (INPA-03-11B). Ainda, segundo os autores, como não houve diferença entre os demais tratamentos, acredita-se que as estirpes testadas bem como a adubação nitrogenada sem inoculação foram eficientes na produção de fitomassa em relação à testemunha.

4.1.4 Matéria Seca Remanescente e Disponibilização de Nitrogênio

A decomposição das plantas de cobertura, analisada através da matéria remanescente dos resíduos culturais sobre o solo, demonstram padrões diferentes de decomposição em função do tipo de resíduo (Figura 4), principalmente na fase inicial da decomposição.

Em 2012 com exceção da crotalária juncea todos os tratamentos apresentaram decomposição rápida na fase inicial (30 dias), sendo que o feijão de porco e o lab lab com teores de N elevados e baixa relação C:N (Tabela 3) superaram os 50% de decomposição. Segundo Heal et al. (2007) citado por Viola (2011) as maiores taxas de decomposição nas fases iniciais são reflexos dos compostos mais facilmente decomponíveis, com tendência a serem mais lentos na sequência.

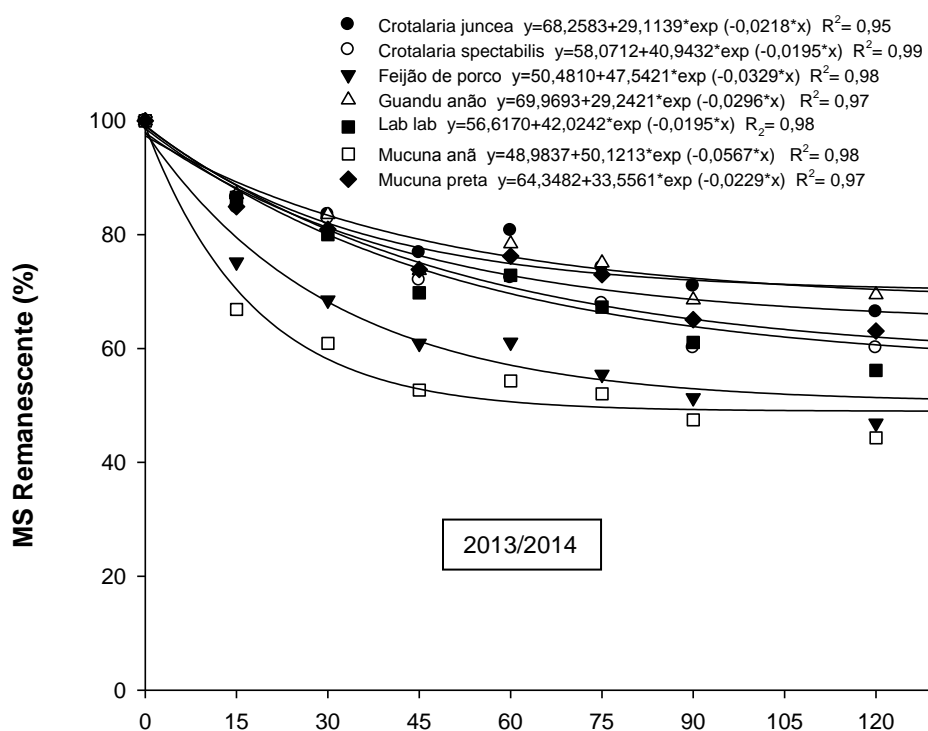
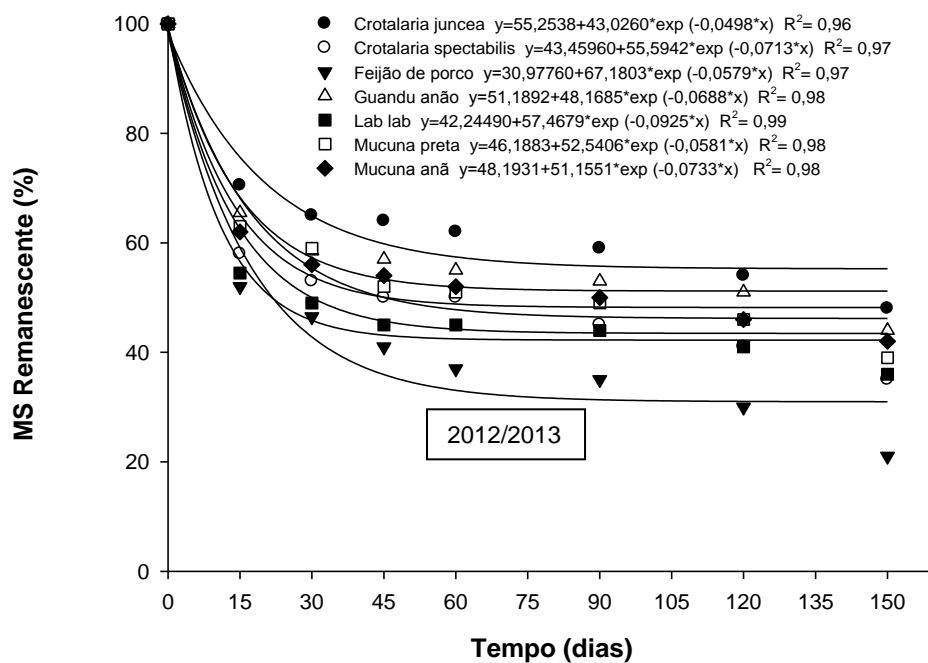


Figura 4- Matéria seca remanescente das culturas de cobertura de verão, após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo para safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014. * significativo a $p < 0,05$ e $0,01$ respectivamente.

Ao final do período de avaliação (150 dias), o feijão de porco apresentava apenas 21% de sua biomassa ainda no solo, enquanto que no ano de 2013 (120 dias) restava 47% de material sem decompor.

As menores taxas de decomposição foram encontradas na crotalária juncea para o ano de 2012 e o guandu anão no ano de 2013, chegando ao final do período de avaliação com 49% e 69% de material remanescente respectivamente, corroborando com Mangaravite (2011) onde em seu estudo constatou que as leguminosas mais herbáceas (feijão de porco e mucuna anã) decompõem-se e liberam N mais rapidamente em relação às leguminosas mais fibrosas (guandu anão e crotalária juncea).

Concomitantemente a decomposição dos resíduos, também ocorre à liberação dos nutrientes para o sistema, quanto mais rápida for a sua decomposição, maior será a velocidade de liberação dos nutrientes (KLIEMANN, 2006), que no caso das leguminosas ocorre de forma acentuada nas primeiras semanas após seu manejo (HEINZMANN, 1985). Essa afirmação foi verificada no presente trabalho onde a crotalária spectabilis, feijão de porco e lab lab apresentaram liberação de N rápida na fase inicial (30 dias), com valores para o ano de 2012 de 61% para a crotalária spectabilis (34 kg ha^{-1}), 63% para o feijão de porco (120 kg ha^{-1}) e 63% para o lab lab (75 kg ha^{-1}), e no ano de 2013, 50% para a crotalária spectabilis (17 kg ha^{-1}) e 50% para o feijão de porco (146 kg ha^{-1}) e 40% para o lab lab (68 kg ha^{-1}) (Figura 5).

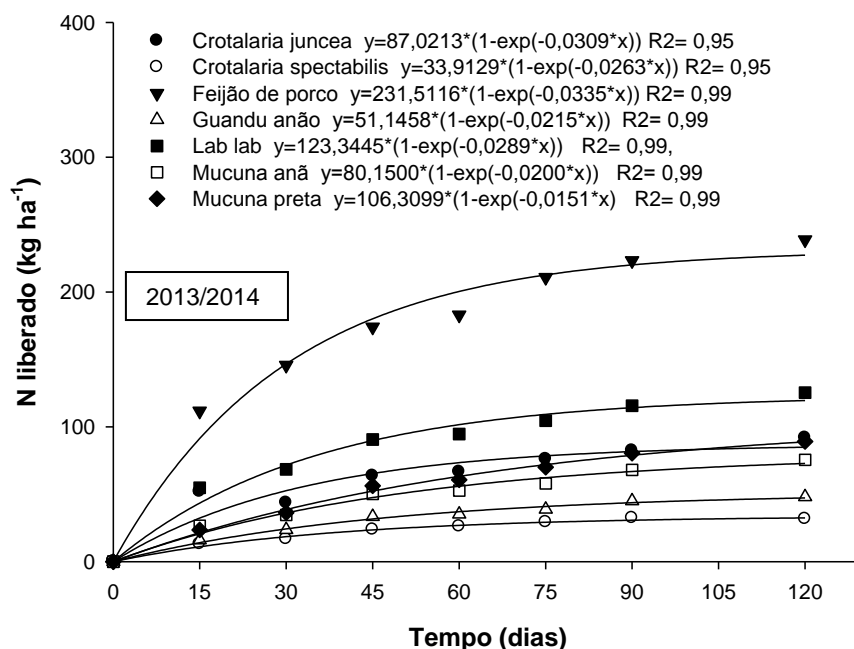
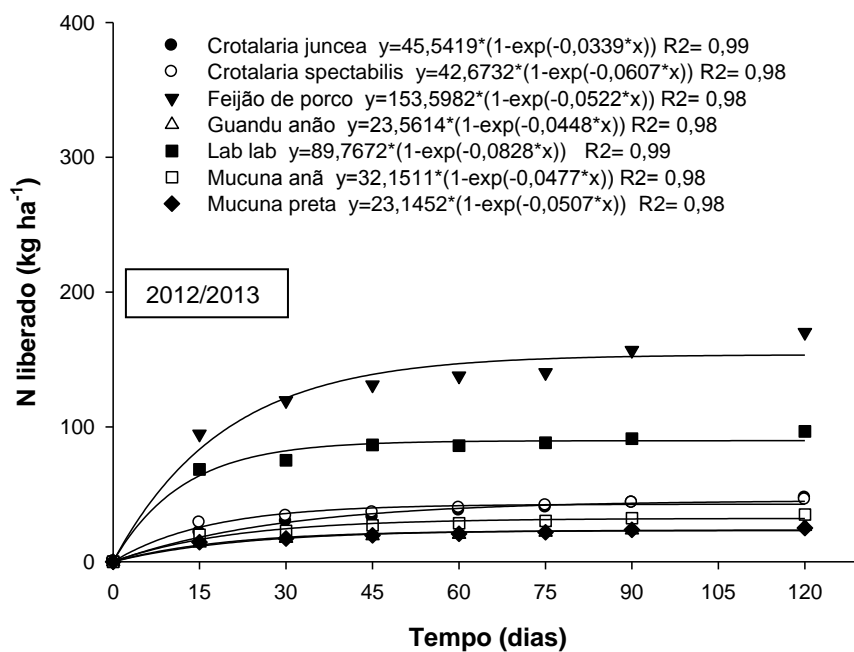


Figura 5- Quantidade de nitrogênio total (N) liberado pelos resíduos das culturas de cobertura de verão, após a distribuição das bolsas de decomposição na superfície do solo para safra 2012/2013 e 2013/2014. * significativo a $p<0,05$ e $0,01$ respectivamente UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

No período em que o milho chegou à fase que mais necessita de N, que segundo Muzilli (1989) é entre 25 e 45 DAS com acúmulo de cerca de 43% do N que precisa, as plantas de cobertura estavam com aproximadamente 90 e 30 dias após o manejo da biomassa para os anos de 2012 e 2013, respectivamente. Sendo que no ano de 2012 todos os tratamentos tinham disponibilizado próximo a 60% do N, com valores variando de 21 kg ha⁻¹ para o guandu anão e 140 kg ha⁻¹ para o feijão de porco. No ano de 2013, 29% do N tinha sido disponibilizado com variação de 17 a 146 kg ha⁻¹ para o guandu anão e o feijão de porco, respectivamente.

Ao final do período de avaliação (150 dias para 2012 e 120 dias para 2013) todos os tratamentos tinham liberado mais de 73% do N acumulado na parte aérea, sendo em 2012, em ordem decrescente de decomposição: feijão de porco (90%) > crotalaria spectabilis (83%) > lab lab (82%) > mucuna anã (79%) > mucuna preta (78%) > crotalaria juncea (76%) > guandu anão (73%). Para o ano de 2013 o índice foi superior a 68% seguindo a ordem: crotalaria spectabilis (94%) > feijão de porco (81%) > lab lab (75%) > mucuna preta (74%) > crotalaria juncea (73%) > mucuna anã (72%) > guandu anão (68%). Os valores mais elevados de disponibilização foram constatados no feijão de porco com 170 e 239 kg ha⁻¹ no ano de 2012 e 2013, respectivamente e os menores valores constatados na mucuna preta 25 kg ha⁻¹ em 2012 e na crotalaria spectabilis 32 kg ha⁻¹ em 2013.

Esse cenário aponta para possíveis perdas de N no sistema, pois se trata de um nutriente altamente lixiviável (AITA; GIACOMINI, 2003) embora em estudos com o marcador 15N, verificou-se que a maior parte do N fica imobilizada pelos microrganismos no solo (OLSON, 1980 Apud ACOSTA, 2009). Além disto, o milho absorve 1/3 de suas necessidades totais entre as fases de crescimento vegetativo pleno (8 a 10 folhas ao florescimento) e o florescimento (MUZILLI, 1989) podendo assim aproveitar de forma direta o restante do N disponibilizado pelas culturas de cobertura de verão.

4.2 CULTURA DO MILHO

4.2.1 Características Morfológicas do Milho

Dentre as características morfológicas do milho, o colmo é uma das mais importantes, pois além de servir de suporte das folhas e inflorescências, atua como uma estrutura destinada ao armazenamento de sólidos solúveis que são utilizadas posteriormente na formação dos grãos (FANCELLI; DOURADO NETTO, 2000). Para ambas as safras avaliadas não foram observadas influências das plantas de cobertura de verão no diâmetro de colmo da cultura do milho (Tabela 5), nas quais as médias entre os tratamentos variaram entre 1,81 a 1,98 cm na ausência de N-mineral e 1,79 a 2,16 cm com a adição de N-mineral para a safra 2012/2013 e 1,48 a 1,85 cm na ausência de N-mineral e 1,6 a 1,9 cm na presença de N-mineral na safra 2013/2014. Segundo Fancelli; Dourado Neto (2000) o diâmetro do colmo é uma característica geneticamente intrínseca ao cultivar, podendo, portanto não sofrer influência de fatores do meio.

Tabela 5- Diâmetro de planta do milho (safra 2012/2013 e 2013/2014), em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ de N-mineral em cobertura, na cultura comercial. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	Safr 2012/2013			Safr 2013/2014		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	(cm)					
Crot. juncea	1,94	1,93	1,94 ns*	1,62	1,90	1,76 ns
Crot. spectabilis	1,87	2,16	2,01	1,57	1,80	1,69
Feijão de porco	1,98	1,87	1,92	1,85	1,85	1,85
Guandu anão	1,81	1,85	1,83	1,51	1,79	1,65
Lab lab	1,95	2,03	1,99	1,65	1,88	1,77
Mucuna anã	1,87	1,93	1,90	1,60	1,89	1,75
Mucuna preta	1,95	1,97	1,97	1,77	1,90	1,84
Pousio	1,81	1,79	1,79	1,48	1,60	1,54
Médias	1,9 ns	1,94	-	1,63 B**	1,83 A	-
CV%	6,3	7,7		7,8		9,5

*ns: Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

**Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Na safra de 2012/2013 não houve resposta à aplicação de N, contrariando os resultados obtidos em Castro-PR por Carvalho et al. (2007) onde a adição de N (108 kg ha^{-1}) em cobertura no milho promoveu maior diâmetro de colmo (2,07cm) em relação as plantas que não receberam a adubação nitrogenada (1,97cm). Já para a safra de 2013/2014 as médias dos tratamentos mostraram resposta à adição de N-mineral, corroborando com Dahlem (2013) que em trabalho no município de Dois Vizinhos-PR, utilizando plantas de cobertura de inverno, encontrou em duas safras avaliadas, usando 180 kg ha^{-1} de N-mineral em cobertura, valores médios de 2,12 cm e 1,94 cm sem adição de N.

Na safra de 2012/2013 não houve diferença para altura de plantas de milho em sucessão as culturas de cobertura de verão, demonstrando variação de médias dos tratamentos entre 1,45 a 1,65 m na ausência de N-mineral e 1,50 a 1,73 m na presença de N-mineral, já para a safra 2013/2014 a média dos tratamentos com N-mineral apresentou maior altura de plantas (1,53 m) em relação à ausência de N-mineral (1,45 m).

Tabela 6- Altura de planta do milho (safra 2012/2013 e 2013/2014), cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha^{-1} de N-mineral em cobertura, na cultura comercial. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	Safr a 2012/2013			Safr a 2013/2014		
	Sem	Com	Médias	Sem	Com	Médias
	(m)					
Crot. juncea	1,59	1,59	1,59 ns*	1,46	1,53	1,49 ns
Crot. spectabilis	1,60	1,77	1,68	1,46	1,48	1,47
Feijão de porco	1,56	1,57	1,57	1,46	1,68	1,57
Guandu anão	1,45	1,50	1,47	1,40	1,51	1,46
Lab lab	1,62	1,53	1,57	1,47	1,55	1,51
Mucuna anã	1,49	1,60	1,54	1,44	1,49	1,47
Mucuna preta	1,65	1,73	1,69	1,43	1,58	1,51
Pousio	1,45	1,39	1,42	1,40	1,43	1,42
Médias	1,55 ns	1,58	-	1,45 B**	1,53 A	-
CV%	7,1	14,0		5,0	9,1	

*ns: Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

**Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$).

Na safra 2013/2014 visualizou-se através das médias que houve influência do N na altura de plantas de milho, concordando com resultados de Dahlem (2013) que verificou resposta positiva da adição de N, em relação a altura de plantas de milho. Segundo Kappes et al (2013) o N detém efeito sobre a produtividade do milho, além de interferir em outras características de desenvolvimento da planta, influenciando direta ou indiretamente na produtividade desta cultura.

4.2.2 Produção de Matéria Seca e Nitrogênio na Parte Aérea

Para a safra 2012/2013 não houve interação entre as plantas de cobertura e as doses de N-mineral (sem e com), para a variável MS do milho, nem diferença entre os tratamentos (Tabela 7) com médias variando de 7,1 a 11,7 Mg ha⁻¹, já na safra 2013/2014 a média de produção de MS do milho com N-mineral foi maior (7,6 Mg ha⁻¹) em relação a média dos tratamentos sem N-mineral (5,9 Mg ha⁻¹).

Tabela 7- Produção de matéria seca na parte aérea de milho cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ de N-mineral na cultura do milho para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	Safrá 2012/2013			Safrá 2013/2014		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- Mg ha ⁻¹ -----					
Crot. Juncea	8,3	8,4	8,4 ns*	6,8	6,9	6,9 ns
Crot. spectabilis	7,1	7,9	7,5	4,7	7,1	5,9
Feijão de porco	8,9	8,5	8,7	6,1	6,2	6,2
Guandu anão	10,3	10,6	10,5	4,7	6,8	5,7
Lab lab	7,9	7,8	7,9	7,6	9,3	8,4
Mucuna anã	9,4	7,8	8,6	5,5	8,4	6,9
Mucuna preta	10,0	11,7	10,9	7,6	9,0	8,3
Pousio	8,3	8,2	8,3	4,3	6,8	5,6
Médias	8,8 ns	8,8	-	5,9 B**	7,6 A	-
CV%	15,8		20,9	21,50		46,0

*ns: Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

**Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Para N acumulado na parte aérea do milho na safra de 2012/2013, os resultados encontram-se na tabela 8, sendo as médias de maior acúmulo no tratamento com mucuna preta (138 kg ha⁻¹), seguidos do feijão de porco (120 kg ha⁻¹), guandu anão (118 kg ha⁻¹) e mucuna anã (104 kg ha⁻¹). Os menores acúmulos ocorreram para o pousio, crotalaria spectabilis, crotalaria juncea e lab lab (88, 92, 96 e 100 kg ha⁻¹), respectivamente.

Tabela 8- Acúmulo de nitrogênio total (N) na parte aérea de milho cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ de N-mineral na cultura do milho para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	2012			2013		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- Mg ha ⁻¹ -----					
Crot. juncea	6,0	9,4	7,7 bc*	5,7	7,6	6,7 cd
Crot. spectabilis	10,5	11,4	10,9 ab	9,2	10,5	9,8 bc
Feijão de porco	12,6	15,1	13,9 a	12,9	16,1	14,5 a
Guandu anão	3,4	5,1	4,2 c	3,6	5,2	4,4 d
Lab lab	12,3	12,6	12,4 a	11,7	12,3	11,9 ab
Mucuna anã	6,0	7,0	6,5 c	5,9	6,9	6,4 cd
Mucuna preta	5,3	8,1	6,7 c	5,5	6,6	6,0 cd
Médias	8,0 B	9,8 A	-	7,8 B	9,3 A	-
CV%	17,1		21,4	11,7		26,3

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada safra, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Em um cultivo mínimo e convencional sem aplicação de N-mineral Ceretta et al. (1994) em um Podzólico vermelho encontraram valores de N acumulado no milho em sucessão ao feijão de porco e guandu anão de 70,7 e 61,3 kg ha⁻¹, respectivamente.

Para a safra de 2013/2014, não houve diferença entre os tratamentos de plantas de cobertura para o acúmulo de N total na parte aérea do milho. Nas duas safras estudadas mesmo não havendo interação da adubação nitrogenada com as culturas de cobertura, percebe-se diferença nos valores, onde a média dos tratamentos com N foram 35% maiores do que os tratamentos sem dose de N-mineral.

A concentração de N nas folhas bandeira do milho, avaliada nas duas safras, não apresentou diferença entre as plantas de cobertura antecessoras (Tabela 9), sendo as médias entre 15,6 e 19,2 g kg⁻¹ na safra de 2012/2013 e 14,5 e 18,9 g kg⁻¹ na safra 2013/2014.

Tabela 9- Concentração de nitrogênio total (N) presente nas folhas bandeira de milho, cultivado em sucessão a culturas de cobertura de verão, na ausência (SEM) e presença (COM) de 180 kg ha⁻¹ N-mineral na cultura do milho nas safras de 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	Safrá 2012/2013			Safrá 2013/2014		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- N g kg ⁻¹ -----					
Crot. juncea	18,7	17,8	18,3 ns*	18,2	17,5	17,8 ns
Crot. spectabilis	17,1	16,9	17,0	18,2	19,6	18,9
Feijão de porco	17,3	13,8	15,6	16,1	12,8	14,5
Guandu anão	16,1	18,0	17,1	17,0	18,4	17,7
Lab lab	18,0	18,3	18,1	17,5	16,8	17,1
Mucuna anã	19,0	19,4	19,2	18,0	19,8	18,9
Mucuna preta	18,0	15,0	16,5	18,0	16,1	17,0
Pousio	17,6	16,0	16,9	16,8	17,5	17,1
Médias	17,7 ns	16,9	-	17,5 ns	17,3	-
CV%	15,0		19,6	18,6		14,6

*ns Médias não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

4.2.3 Produtividade

Observa-se na safra 2012/2013, que o sistema pousio (4,0 Mg ha⁻¹) diferiu-se somente do feijão de porco (7,4 Mg ha⁻¹), mostrando-se similar aos demais tratamentos que também não se diferenciaram entre si (Tabela 10). Essa pequena variação entre a produtividade obtida com as leguminosas pode ser atribuído ao fato de que esse é o primeiro ano de cultivo efetivo utilizando os sistemas propostos e ainda não foi possível haver efeitos sobrepujantes dos tratamentos utilizados.

Tabela 10- Produtividade de grãos de milho, cultivado em sucessão as culturas de cobertura de verão, com doses de 0 e 180 kg ha⁻¹ de N-mineral na cultura comercial, para a safra 2012/2013 e 2013/2014. UTFPR Campus Dois Vizinhos-PR, 2014.

CULTURAS DE COBERTURA	Safra 2012/2013			Safra 2013/2014		
	SEM	COM	Médias	SEM	COM	Médias
	----- Mg ha ⁻¹ -----					
Crot. juncea	5,8	8,8	7,3 ab*	5,1	10,6	7,8 ab
Crot. spectabilis	6,5	7,3	6,9 ab	4,8	9,9	7,4 ab
Feijão de porco	7,0	7,9	7,4 a	7,6	9,7	8,7 a
Guandu anão	5,6	6,8	6,2 ab	3,7	8,5	6,1 ab
Lab lab	5,8	6,2	6,0 ab	8,6	9,9	9,3 a
Mucuna anã	6,2	7,0	6,6 ab	5,8	8,1	7,0 ab
Mucuna preta	7,3	7,2	7,3 ab	7,3	9,9	8,6 a
Pousio	3,4	4,5	4,0 b	2,9	6,7	4,9 b
Médias	5,9 B	6,9 A	-	5,7 B	9,2 A	-
CV%	16,4		25,7	20,9		22,7

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada safra, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05).

Para a safra de 2013/2014 observa-se aumento do efeito das leguminosas em relação a safra 2012/2013 sobre a produtividade do milho. O pousio diferiu-se do lab lab, feijão de porco e da mucuna preta, sendo similar aos demais tratamentos que não se diferenciaram entre si. Assim, o lab lab proporcionou a maior média de produtividade de milho (9,3 Mg ha⁻¹) seguido do feijão de porco (8,7 Mg ha⁻¹) e da mucuna preta (8,6 Mg ha⁻¹).

Para ambas as safras nota-se em todos os tratamentos com leguminosas e sem adição de N-mineral que a produtividade de milho chegou muito próximo ou extrapolou o teto de produtividade esperada para a adubação executada na base (6 Mg ha⁻¹), sendo parecida com os dados obtidos por Modolo (2010), onde na região Sudoeste do Paraná encontraram produtividade média de 6,7 Mg ha⁻¹ de grãos, com adição de 152 Mg ha⁻¹ de N-mineral. Em trabalho realizado em um Latossolo Vermelho no município de Ribeirão Preto-SP, utilizando diferentes doses de N-mineral (0, 50, 100, 150, 200 kg ha⁻¹), Orioli Junior (2011) constatou que a maior produtividade de milho foi atingida com o uso de 150 kg ha⁻¹ de N-mineral, sendo esses resultados obtidos sem o uso de leguminosas como plantas de cobertura.

No presente trabalho, separando o pousio, a média de produtividade de milho dos tratamentos com leguminosas de verão na ausência de adubação nitrogenada complementar foi de 6,3 e 7,3 Mg ha⁻¹ para 2012/2013 e 2013/14, respectivamente. Esses valores foram 7 e 24% superiores a média atual de produtividade paranaense (5,9 Mg ha⁻¹) (CONAB, 2013). Quando comparamos o efeito do uso de 180 kg ha⁻¹ de N sobre as leguminosas obtemos produtividade superior de 4% na safra 2012/2013 e 61% na safra 2013/2014 superior a média atual do estado do Paraná. Cabe ressaltar que a área manejada em pousio, com uso de N complementar, que representa a tecnologia adotada por muitos produtores rurais paranaenses foi de 6,7 Mg ha⁻¹ na safra 2013/14 (Tabela 10) sendo portanto similar a média estadual.

Na média de todos os dados incluindo o uso de pousio, a utilização de adubação com N-mineral no milho promoveu rendimento de grãos superior na safra 2012/2013 (15%) e na safra 2013/2014 (38%) em relação à produtividade encontrada nos sistemas sem adição de fertilizante nitrogenado. Isso contraria Aita (2001) que constatou que a aplicação de N-mineral na cultura do milho, não promoveu efeito na produtividade de grãos, quando cultivado sobre resíduos de leguminosa de inverno.

Como citado anteriormente, a estabilização produtiva do sistema proposto com o uso de leguminosas pode levar vários anos, mesmo assim com as duas safras executadas até então, a produtividade de milho em sucessão as leguminosas na safra 2013/2014 foi maior em relação à safra anterior, principalmente nos tratamentos das plantas de cobertura associado à adição de N-mineral, demonstrando relação na resposta da cultura do milho com a quantidade de N presente no sistema.

5. CONCLUSÕES

A mucuna preta e o feijão de porco possuem crescimento inicial acelerado, promovendo elevada taxa de cobertura atingindo valores próximos a 60% já aos 30 dias.

O feijão de porco proporciona a maior produção de MS da parte aérea.

O feijão de porco e o lab lab apresentam a maior quantidade de N acumulado na parte aérea.

As leguminosas avaliadas apresentam rápida decomposição inicial, com acentuada liberação de N nos primeiros 30 dias após o manejo da biomassa.

O feijão de porco, lab lab e a mucuna preta sem aplicação de N-mineral proporcionaram maior produtividade do milho em sucessão comparadas a área de pousio com 180 kg ha^{-1} .

As leguminosas estudadas apresentam-se como boas opções de plantas de cobertura em SPD para a região, podendo substituir a adubação nitrogenada mineral no milho.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo com a grande parcela das áreas agrícolas da região sudoeste do Paraná sendo manejadas em SPD, percebem-se ainda algumas dificuldades encontradas pelos agricultores em atender todos os princípios desta técnica e dar continuidade no processo ao longo dos anos, pois é necessário tempo a fim de torná-lo um sistema estabilizado e consolidado. O presente estudo foi desenvolvido em área que transita para essa consolidação, tendo em vista que vem sendo manejada com cultivo contínuo de milho há três anos. Nessa fase inicial é considerada normal a variação de resultados tanto para plantas de cobertura, como na produção das culturas comerciais.

Um aspecto importante a ser observado mediante os resultados obtidos é a rápida decomposição demonstrada pelas leguminosas de verão associados com a ocorrência de geadas, gerando um vazio de culturas nos meses de julho e agosto. Concomitante a essa decomposição acelerada a disponibilização de nutrientes, em especial o N, também ocorre de forma rápida, mostrando-se interessante visto a necessidade de aporte nutricional acentuada nos estágios iniciais da cultura em sucessão. Porém, cabe ressaltar que essa rápida decomposição diminui a quantidade de resíduo sobre o solo, diminuindo a proteção e podendo ocasionar processos erosivos, principalmente na região sudoeste em que na sua maioria ocorrem em áreas declivosas.

Neste contexto fica claro a necessidade de trabalhar sistemas de manejo com diferentes espécies e famílias de culturas a fim de aproveitar as características peculiares de cada uma. Mais ainda, fica evidente que embora muito adaptável para cobrir uma lacuna de verão/outono (fevereiro a maio) é necessário pensar estratégias para o novo vazio de plantas vivas que ocorre nos meses de julho e agosto quando há incidência de geadas fortes.

A utilização de algumas leguminosas de verão antecedendo a cultura do milho sem adubação nitrogenada resultou em rendimentos de grãos de milho superior a média dos tratamentos com adição de 180 Kg ha⁻¹ de N mostrando a capacidade dessas espécies em contribuir na distribuição deste nutriente,

diminuindo os custos de produção nas propriedades da agricultura familiar. Salienta-se que esses resultados em alguns casos podem não ser imediatos, trazendo contribuições a médio e a longo prazo e de forma gradativa.

Se considerarmos o aumento de 61% obtido pelo uso de sistemas com leguminosas associado à adubação química de 180 kg ha⁻¹ de N podemos inferir que é possível aumentar nessas mesmas proporções a produção de grãos do estado do Paraná pelo simples uso de uma tecnologia mais adequada nos sistemas produtivos locais. Isso representa um incremento de cerca de 4 milhões de toneladas de grãos, considerado a produção de milho de primeira safra, exclusivamente, que foi de 7,1 milhões de toneladas em 2013 no estado do Paraná (SEAB/DERAL, 2014), sem que seja necessário aumentar a área ocupada ou redirecionar complexos produtivos de outras culturas.

Porém, outros aspectos referentes ao uso de plantas de cobertura de verão precisam ser aprimorados. Visando, melhorar o conhecimento acerca do desempenho das espécies na região, a presença de micro climas e tipos de solo requerem estudos mais específicos e em maior número, no entanto este estudo pode ser considerado uma alavanca para que novos trabalhos sejam gerados nesta região. Assim, projetos de extensão vinculados a propriedades rurais em diferentes contextos devem ser promovidos.

Outro aspecto que poderá fazer parte de futuros estudos com leguminosas é a busca de materiais que sejam capazes de serem inseridos no sistema produtivo animal, especificamente na cadeia leiteira, a qual a região é destaque no cenário nacional. Além disto, uma questão essencial para o aumento do uso destas espécies pelos agricultores é a constituição de áreas cultivadas para produção de sementes, fomentando assim o mercado local e diminuindo o custo de aquisição das mesmas, o qual ainda é relativamente elevado perante as condições financeiras das propriedades rurais locais.

Portanto, percebe-se um claro potencial do uso das espécies estivais na região, mas torna-se necessário o aprofundamento dos estudos e a validação das metodologias ora propostas em nível de produtores rurais.

REFERÊNCIAS

- ABEAS. Associação Brasileira de Educação Agrícola Superior. **Histórico, característica e benefícios do plantio direto** (Curso Plantio Direto. Módulo 1). Tutor: LANDERS, John. ABEAS; Brasília. DF: Universidade de Brasília / Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 113 p. 2005.
- ACOSTA, José A da A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema de plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. Tese de doutorado, Santa Maria, 199 p. 2009.
- AITA, Celso et al. Plantas de cobertura de solo como fontes de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.157-165, 2001.
- AITA, Celso; GIACOMINI, Sandro J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.27, p.601-612, 2003.
- ALMEIDA, Karina de; CAMARA, Francisco L. A.. Produtividade de biomassa e acúmulo de nutrientes em adubos verdes de verão, em cultivos solteiros e consorciados. **Revista Brasileira de Agroecologia**. V.6, p.55-62. 2011.
- ALTIERI Miguel. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba-RS: Agropecuária, 592 p. 2002.
- ALVARES, Clayton A. et al. Köpen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**. Fast Track Article. Gebruder Borntraeger. Stuttgart. 2013.
- ALVES, Allysom R.; SOUTO, Jacob. B.; SOUTO, Patricia. C. Aporte e decomposição de serrapilheira em área de caatinga na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v.6, n.2, p.194-203, 2006.
- AMADO, Telmo J.; MIELNICZUK, João.; AITA, Celso. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v.26, p.241-248, 2002.
- AMSOP, Associação dos Municípios do Sudoeste do Paraná. Francisco Beltrão-PR, 2014. Disponível em: <http://www.amsop.com.br/home.php> acessado em: 25/01/2014.
- ARAÚJO, Fernanda A. S. et al. Florística da vegetação arbustivo-arbórea colonizadora de uma área degradada por mineração de caulim, em Brás Pires, MG. **Revista Árvore**, v.29, n.6, p.107-116, 2005a.

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. 2005b.

BALBINOT, Marciano. **Manejo do solo e componentes do rendimento de pomar de pessegueiro**. Dissertação de mestrado. 95 f. (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco. 2011.

BARRETO, Antonio C.; FERNANDES, Marcelo F. Recomendações técnicas para o uso da adubação verde em solos de tabuleiros costeiros. **Circular Técnica 19**. Embrapa, 65p. Aracaju-SE, 2001.

BASSO, Claudir. J.; CERETTA, Carlos. A. Manejo do nitrogênio no milho em sucessão a plantas de cobertura no solo, sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, p.905-915, 2000.

BAYER, Cimélio. **Dinâmica da material orgânico em sistemas de manejo de solos**. Tese Doutorado em Ciências do Solo. 240f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

BAYER, Cimélio; MIELNICZUK, João. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Ed.). **Matéria orgânica do solo: fundamentos e caracterização**. Porto Alegre: Gênese, p.9-26. 1999.

BERTOL, Ildegardis; SCHICH, Jefferson; BATISTELA, Odair. Razão de perdas de solo e fator C para milho e aveia preta em rotação com outras culturas em três tipos de preparo de solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.26, p.545-552, 2002.

BEVILAQUA, Gilberto A. P. et al. Indicações técnicas para produção de sementes de plantas recuperadoras de solo para a agricultura familiar. Pelotas: **Embrapa Clima Temperado**, 43 p. 2008.

BHERING, Silvio B. et al. **Mapa de solos do estado do Paraná: legenda atualizada**. 1ªed. Rio de Janeiro: Embrapa Floresta: Embrapa Solos, 2008.

BROWNE, Charles. A. A source book of agricultural chemistry. Waltham, **Chronica Botanica**, V.8. (Chronica Botanica, 1). 1944.

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

CALEGARI, Ademir. PLANTAS DE COBERTURA: Alternativas de culturas para rotação em plantio direto. **Revista Plantio Direto**. Ano XIII. N.80. p.62-70. 2004.

CALVO, Cássio. L. et al. Produtividade de fitomassa e relação C:N de monocultivo e consórcios de guandu anão, milho e sorgo em três épocas de corte. **Bragantia**, Campinas, v.69, n.1, p.77-86, 2010.

CAMARGO, Flávio A. de O. **Fracionamento e dinâmica do nitrogênio orgânico em solos do Rio Grande do Sul**. Tese de Doutorado, 1996. 151f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. 1996.

CARVALHO, Arminda M. de; AMABILE, Renato F. **Cerrado Adubação Verde**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados. 369p. 2006.

CARVALHO, Igor Q. de et al. Espécies de cobertura de inverno e nitrogênio na cultura do milho em sistema de plantio direto. **Scientia Agraria**, v.8, n.2, p.179-184, 2007.

CARVALHO, Wellington. P de. et al. Desempenho agrônômico de plantas de cobertura usadas na proteção do solo no período de pousio. **Pesquisa Agropecuária brasileira**. Brasília. v.48, n.2, p.157-166, 2013.

CASSOL, Elomar A. Erosão do solo: influência do uso agrícola, do manejo e preparo do solo. Porto Alegre-RS: Secretaria da Agricultura, Instituto de Pesquisa em Recursos Naturais Não Renováveis, 40p. (**Boletim Técnico, 15**). 1984.

CERETTA, Carlos A. et al. Fornecimento de nitrogênio por leguminosas na primavera para o milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.18, p.215-220, 1994.

CERETTA, Carlos A.; FRIES, M. R. Adubação nitrogenada no sistema plantio direto. In: NUERNBERG, N. J. (Ed). **Conceitos e fundamentos do sistema Plantio Direto**. Lages: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo – Núcleo Regional Sul, p.160, 1998.

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

COELHO, Antonio M. Agricultura de precisão: Manejo da variabilidade espacial e temporal dos solos e das culturas. **Tópicos em Ciência do Solo**, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo v.3, p. 209-248, 2003.

COELHO, Antonio M.; RESENDE, Álvaro V. de. **Exigências Nutricionais e Adubação do Milho Safrinha**. 2008.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Perspectivas para a agropecuária**. Brasília, 2013. 154p. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_11_11_08_54_13_boletim_portugues_novembro_2013_-_ok.pdf. Acesso em: 25/01/2014.

CRUSCIOL, Carlos A. C. et al. Taxas de decomposição e de liberação de macronutrientes da Palhada de aveia preta em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.2, p.481-489, 2008.

CRUZ, José C. **Produção de Milho na Agricultura Familiar**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2006. 20 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular técnica, 84). Disponível em: <http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/905143/1/circ159.pdf> Acesso em: 02/05/2013.

DAHLEM, Ana R. **Plantas de cobertura de inverno em sistemas de produção de milho sob plantio direto no sudoeste do Paraná**. 94 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013.

DAKORA, F. D; KEYA, S. O. Nitrogen fixation in sustainable agriculture: the African experience. **Soil Biology and Biochemistry**, v.29, p.809-818, 1997.

DICKOW, Kauana M. C. **Ciclagem de fitomassa e nutrientes em sucessão secundária na floresta atlântica**, Antonina, PR. 215 f. (Tese de Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Florestal. Universidade Federal do Paraná. 2010.

DUARTE, Rômulo Fredson. Dissertação: **Avaliação de adubos verdes no norte de Minas**. Gerais/Rômulo Fredson Duarte. Montes Claros, MG: ICA/UFMG, 82 f. il. 2010.

EMBRAPA. **Plantio Direto no Brasil**. Passo Fundo: EMBRAPA-CNPT/FECOTRIGO/ FUNDAÇÃO ABC/ ALDEIA NORTE, 1993.

EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, 1999.

ESPINDOLA, José A. A.; GUERRA, José G. M.; ALMEIDA, Dejair L. **Adubação verde: estratégia para uma agricultura sustentável**. Seropédica-RJ: Embrapa-Agrobiologia, 1997. 20 p.

FANCELLI, Antonio L.; DOURADO-NETO Durval. Produção de Milho. **Ed. Agropecuária**, Guaíba. 360 p., 2000.

FEBRAPDP. Federação Brasileira de plantio Direto na Palha. Evolução do plantio direto no Brasil. 2014. Disponível em <http://www.febrapdp.org.br/port/plantiodireto.html> Acesso em: 25/01/2014.

FIORIN, Jackson E.; SCHNELL, Alessandro.; RUEDELL, José. Diagnóstico das propriedades rurais na região de abrangência das cooperativas, COOPATRIGO, COOPEROQUE, COTAP, COTRIROSA, COTRISAL (SB) e TRITICOLA. Cruz Alta: **FUNDACEP FECOTRIGO**, 2007.

FORMENTINI, Edgar A. et al. **Cartilha sobre adubação verde e compostagem**. Vitória, 27p. 2008.

GIACOMINI, Sandro J. **Avaliação e modelização da dinâmica de carbono e nitrogênio em solo com o uso de dejetos de suínos**. 247 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

GUEDES, Gustavo N. Eficiência agrônômica de inoculantes em feijão-caupi no município de Pombal – PB. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p.82-89, 2010.

HEAL, O.W.; ANDERSON, J.M.; SWIFT, M.J. Plant litter quality and decomposition: an historical overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K.E. (Eds). **Driven by nature: Plant litter quality and decomposition**. 1997, CAB International, Wallingford, UK, p.3-30, 1997. Apud VIOLA, Ricardo. **Efeito de espécies outonais cultivadas em sucessão ao milho na produtividade do trigo, sob diferentes doses de adubação nitrogenada**. 83 f. Dissertação (Mestrado em agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2011.

HEINZMANN, Franz X. Resíduos culturais de inverno e assimilação de nitrogênio por culturas de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 20: 1021-1030, 1985.

IAPAR. **Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná** / coordenação Edson Lima de Oliveira. - Londrina: IAPAR, 30 p. (IAPAR. Circular, nº 128), 2003.

IBGE, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. 2012. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 25/07/2012

IPARDES, Instituto Paranaense de Desenvolvimento Econômico e Social. Curitiba-PR, 2014. Disponível em: <http://www.ipardes.gov.br/> Acessado em: 25/01/2014.

KAPPES, Claudionei; ARF, Oriovaldo; ANDRADE, João A. da C. Coberturas vegetais, manejo do solo, doses de nitrogênio e seus efeitos na nutrição mineral e Nos atributos agrônômicos do milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.37:1322-1333, 2013.

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

MANGARAVITE, José Carlos Soares, 1953 – **Biomassa e dinâmica de nutrientes em leguminosas em resposta a adubação nitrogenada e à inoculação com Rhizobium**. Dissertação de mestrado. Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias, 2011.

MAPA, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Disponível em <http://www.agricultura.gov.br> Acesso em: 12/12/2012.

MARCOLINI, Livia W. **Produção e decomposição de coberturas vegetais de inverno e sua influência na infestação e fitossociologia de plantas daninhas**. Piracicaba-SP. Dissertação de mestrado. ESALQ. 2009.

MASON, C. F. 1980. **Decomposição**. Trad. CAMARGO, O. A. São Paulo: PU: Editora da Universidade de São Paulo. Apud CASTANHO, Camila T. de. **Fatores determinantes no processo de decomposição em florestas do Estado de São Paulo**. Dissertação de mestrado. USP. Ribeirão Preto-SP. 2005.

MELLO, Nilvânia A. de; CONCEIÇÃO, Paulo C. Evolução de sistema de manejo do solo e produtividade agropecuária no estado do Paraná. 2008. IN: MARTIN, Thomas N.; ZIECH, Magnos F. **Sistemas de Produção Agropecuária**, 336.p. 2008.

MIYASAKA, Shiro. Instruções práticas sobre a cultura da mucuna Ana. **Campinas: IAC, seção de leguminosas**, 3 pag. 1980.

MODOLO, Alcir J. Desempenho de híbridos de milho na Região Sudoeste do Paraná sob diferentes espaçamentos entre linhas. **Revista Ciência Agrônômica**, v.41, n.3, p.435-441, 2010.

MONEGAT, Claudino. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó – SC: Ed. Do autor, 337p.; il. : 22cm. 1991.

MUZILLI, Osmar; OLIVEIRA, E. L.; CALEGARI, Ademir. **Adubação do milho**. Fundação Cargill, Campinas, 29 p. 1989.

OLSON, R. V. Fate of tagged nitrogen applied to irrigated corn. **Soil Science Society America Journal**, n. 44, p. 514-517, 1980. Apud ACOSTA, José A da A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema de plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. Tese de doutorado, Santa Maria, 199 p. 2009.

ORIOLI JÚNIOR, Valdeci. Análise econômica da produção de milho em sistema semeadura direta em função de fontes e doses de nitrogênio. **Nucleus**, v.8, n.1, 2011.

PAULETTI, Volnei. A importância da palhada e da atividade biológica na fertilidade do solo. In: **Curso sobre aspectos básicos de fertilidade e microbiologia do solo em plantio direto**. Cruz Alta, 1999. Palestras... Passo Fundo: Aldeia Norte, p. 56-66. 1999.

PENTEADO, Silvino R. **Adubos Verdes e Produção de Biomassa**. Campinas: IDB, 164 p. 2007.

PEREIRA, Junior. Adubação com mucuna preta em solos de cerrados. Planaltina: Embrapa-CPAC, 3p. Embrapa-CPAC (**Comunicado técnico, 15**). 1982.

PIETERS, Adrian J. **Green manuring**. Principles and practices. New York: John Wiley, p.10-16, 1927. Apud NEGRINI, Ana C. A. Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes. Dissertação (Mestrado em Agronomia). 2007. 113.f Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

PORTELA, Jeane C. et al. Restauração da estrutura do solo por sequências culturais implantadas em semeadura direta, e sua relação com a erosão hídrica em distintas condições físicas de superfície. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. vol.34, n.4, p.1353-1364, 2010.

PÖTTKER, Delmar; ROMAN, Erivelton S. Efeito do nitrogênio em trigo cultivado após diferentes sucessões de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.33, p.501-507, 1998.

QUEIROZ, Luciano R.; et al. Supressão de plantas daninhas e produção de milho-verde orgânico em sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, v. 28, n. 2, p.263-270, 2010.

REIS, Gustavo dos et al. Decomposição de culturas de cobertura no sistema de plantio direto, manejadas mecânica e quimicamente. **Engenharia Agrícola**. Jaboticabal, v.27, n.1, p.194-200, 2007.

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

SÁ, João. C. M. Manejo do nitrogênio na cultura do milho no sistema plantio direto. Passo Fundo, **Aldeia Norte**, 24p. 1996.

SEAB/DERAL. Secretaria da Agricultura e do Abastecimento/Departamento de Economia Rural. 2014.
http://www.agricultura.pr.gov.br/arquivos/File/deral/Prognosticos/milho_2013_14.pdf
Acessado em: 25/01/2014.

SEIFFERT, Nelson F.; THIAGO, Luiz. R. L. **Legumineira: Cultura forrageira para produção de proteína**. Campo Grande, EMBRAPA-CNPGC, 52p. (EMBRAPA-CNPGC. Circular Técnica, 13). 1983. Disponível em:
<http://www.cnpqc.embrapa.br/publicacoes/ct/ct13/index.html> acessado em: 18-06-2013.

SERRANA. **Boletim Técnico Fertilizantes: Dinâmica do Nitrogênio no Solo**. 6p., 2000. Disponível em: <http://pt.scribd.com/doc/3188358/Dinamica-do-Nitrogenio-no-Solo> Acessado em: 21/01/2013.

SILVA, Amilton F. da et al. Doses de inoculante e nitrogênio na semeadura da soja em área de primeiro cultivo. **Biosci. J.**, Uberlândia, v.27, n.3, p.404-412, 2011.

SILVA, Edson C da, et al. Utilização do nitrogênio da palha de milho e de adubos verdes pela cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. V.32, p.2853-2861, 2008.

SILVA, Francisco. de A. S; AZEVEDO, C. A. V. de. Principal Components Analysis in the Software Assistat-Statistical Attendance. IN: **WORLD CONGRESS ON COMPUTERS IN AGRICULTURE**, 7, Reno-NV-USA: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2009a.

SILVA, Marinete F. da et al. Inoculantes formulados com polímeros e bactérias endofíticas para a cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 11, p.1437-1443, 2009b.

SODRÉ FILHO, Joilson. et al. Fitomassa e cobertura do solo de culturas em sucessão ao milho na região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.39 p.327-334, 2004.

SOUZA, Pedro M.; MOREIRA, Fátima M. de S. Potencial econômico da inoculação de rizóbios em feijão-caupi na agricultura familiar: um estudo de caso. **Em extensão**, Uberlândia, v.10, n.2, p.37-52, 2011.

SUZUKI, Luiz E. A. S.; ALVES, Marlene C. Fitomassa de plantas de cobertura em diferentes sucessões de culturas e sistemas de cultivo. **Bragantia**, v.65, p.121-127, 2006.

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.

URQUIAGA, S.; BODDEY, R. M.; ALVES, B. J. R. Dinâmica de N no solo. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE NITROGÊNIO EM PLANTAS, 1.1990, Itaguaí. **Anais**. UFRRJ Imprensa Universitária, Itaguaí, p.181-251, 1990. Apud ACOSTA, José A da A. **Dinâmica do nitrogênio sob sistema de plantio direto e parâmetros para o manejo da adubação nitrogenada no milho**. Tese de doutorado, Santa Maria, 2009.

YAMADA, Tsuioshi; ABDALLA, Silvia R. S. e. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho? Piracicaba, n.91, p.1-5. **(Informações Agronômicas, 91)**. 2000.

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

YEOMANS, J. C.; BREMNER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1467-1476, 1988.

