

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CID RENAN JACQUES MENEZES

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO À
PLANTAS DE COBERTURA SOB SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

CID RENAN JACQUES MENEZES

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO À
PLANTAS DE COBERTURA SOB SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO**

DISSERTAÇÃO

PATO BRANCO

2016

CID RENAN JACQUES MENEZES

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO À
PLANTAS DE COBERTURA SOB SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO**

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

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol

PATO BRANCO

2016

M543a Menezes, Cid Renan Jacques
Adubação nitrogenada no milho em sucessão à plantas de cobertura sob sistemas de cultivo do solo. / Cid Renan Jacques Menezes. -- Pato Branco: UTFPR, 2016.
65 f.: il.; 30cm

Orientador: Prof. Dr. Luís César Cassol
Dissertação: (Mestrado) Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, PR, 2015.
Bibliografia: f. 56 – 61.

1. Nitrogênio. 2. Ervilhaca peluda. 3. Plantio direto. I. Cassol, Luís César , orient.
II. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. III. Título.

CDD (22. ed.) 630

Ficha catalográfica elaborada por
Maria Juçara Vieira da Silveira CRB – 9/1359
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco.

Ficha Catalográfica elaborada por
Maria Juçara Silveira CRB9/1359
Biblioteca da UTFPR Campus Pato Branco



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



TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Dissertação n° 137

**ADUBAÇÃO NITROGENADA NO MILHO EM SUCESSÃO À PLANTAS DE
COBERTURA SOB SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO**

por

CID RENAN JACQUES MENEZES

Dissertação apresentada às 14 horas 00 min. do dia 05 de abril de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de MESTRE EM AGRONOMIA, Linha de Pesquisa – Sistemas de Produção Vegetal, Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção Vegetal) da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos membros abaixo designados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

Banca examinadora:

**Profa. Dra. Nilvania Aparecida
de Mello**
UTFPR Câmpus Pato Branco

**Prof. Dr. Thiago de Oliveira
Vargas**
UTFPR Câmpus Pato Branco

**Prof. Dr. Marcos Antonio De
Bortoli**
Faculdade Mater Dei

Prof. Dr. Luís César Cassol
UTFPR Câmpus Pato Branco
Orientador

Prof. Dr. Giovani Benin
Coordenador do PPGAG

A folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Programa.

Aos meus Pais Alcides de O. Menezes e Maria Odete J. Menezes.

Pelo amor e incentivo incondicional.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida.

Aos meus pais Alcides de O. Menezes e Maria Odete J. Menezes, maiores incentivadores aos meus estudos e pelo exemplo, educação e apoio em todos os momentos da minha vida.

A minha avó Otilia Olivo, pelos cuidados e preocupações sempre buscando o meu melhor.

Ao professor Luís César Cassol pelos ensinamentos, considerações e confiança durante a orientação.

As minhas amigas Norma Kiyota e Janaína Dartora pelo exemplo de profissionais e total apoio e incentivo no meu dia a dia, não medindo esforços durante a realização nessa etapa da minha vida.

Agradeço ao PPGAG e a UTFPR pelo ensino gratuito e de qualidade disponibilizado.

Aos funcionários da UTFPR, em especial ao Otávio e Eloir, pelo auxílio nas atividades de campo; e a Andressa Pilonetto pelas análises realizadas em laboratório.

A todos meus colegas de trabalho do IAPAR por minha possível falta em algum momento e auxílio, em especial ao André Finkler da Silveira na disponibilização do seu tempo e pelos conhecimentos estatísticos.

Aos amigos e futuros colegas de profissão Vagner Grade, Gustavo Caselato Barbosa e Laura Alexandra Madella pelo apoio nas avaliações e manejo a campo desse estudo.

A todos que apoiaram de alguma forma, durante meus ensinamentos e desenvolvimento desse trabalho.

Muito obrigado!

RESUMO

MENEZES, Cid Renan Jacques. Adubação nitrogenada no milho em sucessão à plantas de cobertura sob sistemas de cultivo do solo. 65 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Pato Branco, 2016.

Para alcançar altas produtividades a cultura do milho é dependente do nitrogênio. Sistemas de plantas de cobertura antecedendo o milho e a forma de cultivo do solo são essenciais para o melhor aproveitamento do nitrogênio pela cultura do milho. O presente trabalho objetivou avaliar o uso ou não da adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão às plantas de cobertura, implantadas em três sistemas de cultivo. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso com parcela sub-subdividida, onde as parcelas principais foram constituídas de três sistemas de cultivo (plantio direto, plantio convencional e cultivo mínimo), as subparcelas por quatro plantas de cobertura em cultivo solteiro (aveia preta, ervilhaca peluda, ervilha forrageira e nabo forrageiro) e as sub-subparcelas pela adubação nitrogenada em cobertura (0 e 160 kg ha⁻¹ de N). Foram realizadas avaliações, nas plantas de cobertura, de taxa de cobertura do solo, massa seca, teores e acúmulo de nutrientes. No milho avaliou-se os componentes de rendimento, produtividade, clorofila e teores nutricionais nas folhas. Dentre as espécies de cobertura estudadas a aveia preta demonstrou rusticidade no experimento, cobrindo o solo de forma mais rápida e apresentando maior massa seca, no entanto a ervilhaca peluda apresentou maiores teores de N, P e K e maior acúmulo de N ha⁻¹. O sistema de cultivo do solo influenciou o teor de K foliar. A interação cultivo x cobertura apresentou significância para a clorofila total do milho. Na ausência de N, os teores de N e a clorofila foram maiores onde o milho foi semeado sobre a ervilha forrageira e ervilhaca peluda. A produtividade do milho, apesar de apresentar médias superiores na presença da adubação nitrogenada, não se diferenciou significativamente quando utilizado a ervilha forrageira e a ervilhaca peluda como plantas de cobertura.

Palavras-chave: Nitrogênio. Ervilhaca peluda. Plantio direto.

ABSTRACT

MENEZES, Cid Renan Jacques. Nitrogen fertilization in corn in succession to plant cover on soil cultivation systems. 65 f. Dissertation (Masters in Agronomy) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Área de Concentração: Produção vegetal), Federal University of Technology - Paraná. Pato Branco, 2015.

To achieve high yields the corn crop is dependent on nitrogen. Systems of cover crops preceding corn and form of land cultivation are essential for the best use of nitrogen by corn. This study aimed to evaluate the use or not of nitrogen fertilization in corn in succession to cover crops, planted in three cropping systems. The experimental design was randomized blocks with sub-divided portion where the main plots consisted of three cultivation systems (tillage, conventional tillage and minimum tillage), the subplots by four plant cover in monocrop (oat, hairy vetch, field peas and turnip) and sub-subplots by nitrogen fertilization (0 and 160 kg ha⁻¹ N). Evaluations were performed, the cover crops, soil cover rate, dry matter, content and accumulation of nutrients. In corn we evaluated yield components, yield, chlorophyll and nutrient levels in leaves. Among the species coverage studied the oat showed hardiness in the experiment, covering ground faster and showing more dry matter, however vetch hairy showed higher concentrations of N, P and K and higher accumulation of N ha⁻¹. The soil tillage system influenced the K leaf content. The interaction cultivation x coverage showed significance for the total chlorophyll of corn. In the absence of N, N content and chlorophyll were higher where the corn was sown on the pea and hairy vetch. The corn production, despite a higher average in the presence of nitrogen fertilization, did not differ significantly when used the pea and hairy vetch as a cover crop.

Keywords: Nitrogen. Vetch hairy. tillage.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

- Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (Precipitação) e temperatura mínima (T Min), máxima (T Max) e média (T Med) mensal no período de maio de 2014 a março de 2015, em Pato Branco - PR.....30
- Figura 2 - Teor de nitrogênio em folhas de milho cultivado na sequencia de diferentes plantas cobertura, em função de duas adubações nitrogenadas, 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N) e 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.44
- Figura 3 - Massa de mil grãos de milho (g), em função do uso de 0 e 160 kg ha⁻¹ de N (SEM N e COM N, respectivamente). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.49
- Figura 4 - Produtividade do milho (Mg ha⁻¹) em função do uso de plantas antecessoras de cobertura, com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N) e 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.50

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Análise química do solo antes do início do experimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011	29
Tabela 2 - Taxa de cobertura do solo (%) em função do uso de plantas de cobertura e sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.	36
Tabela 3 - Matéria seca das plantas de coberturas e acúmulo de nutrientes na parte aérea em função dos sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014	38
Tabela 4 - Teor de clorofila da folha do milho, híbrido 30F53, em função do uso de plantas de cobertura, com 160 Kg ha ⁻¹ de nitrogênio (COM N) e com 0 Kg ha ⁻¹ de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015	42
Tabela 5 - Teor de clorofila total da folha do milho, híbrido 30F53, em função do uso de plantas de cobertura e sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015	43
Tabela 6 - Teor de fósforo em folhas de milho em função da adubação nitrogenada de 160 Kg ha ⁻¹ (COM N) e 0 Kg ha ⁻¹ (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015	45
Tabela 7 - Teor de potássio em folhas de milho em função do uso de plantas de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015	46
Tabela 8 - Teor de potássio em folhas de milho em função de três cultivos do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015	46
Tabela 9 - Comprimento de espiga (CE), Diâmetro de espiga (DE), número de fileiras na espiga (NFE) e número de grãos por fileira na espiga (NGF) de plantas de milho, híbrido 30F53, com 160 Kg ha ⁻¹ de nitrogênio (COM N) e com 0 Kg ha ⁻¹ de nitrogênio (SEM N), e em função do uso de plantas de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015	48

LISTA DE SIGLAS E ACRÔNIMOS

CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
Embrapa	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
IAPAR	Instituto Agrônômico do Paraná
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
PR	Unidade da Federação – Paraná
RS	Unidade da Federação – Rio Grande do Sul
SC	Unidade da Federação – Santa Catarina
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LISTA DE ABREVIATURAS

C/N	Carbono/Nitrogênio
MO	Matéria Orgânica
COT	Carbono orgânico total
COP	Carbono orgânico particulado
Cfa	Clima temperado úmido com verão quente
et al.	Entre outros
V%	Saturação por bases
Hx	Herculex

LISTA DE SÍMBOLOS

Al	Alumínio
Ca	Cálcio
S	Enxofre
Mg	Mega grama
Mm	Milímetro
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Kg	Quilo grama
L	Litro
M	Metros
m ²	Metro quadrado
H	Hidrogênio
ha ⁻¹	Hectare
°C	Graus celcius
µm	Micrômetro

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	18
2.1 A CULTURA DO MILHO.....	18
2.1.1 Aspectos Gerais.....	18
2.1.2 Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho.....	19
2.2 O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO.....	22
2.3 EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO.....	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL.....	29
3.2 FASE I.....	30
3.2.1 Implantação e condução do experimento no período de inverno.....	30
3.2.2 Avaliações no período de inverno.....	31
3.3 FASE II.....	32
3.3.1 Implantação e condução do experimento no período de verão.....	32
3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 FASE I - PLANTAS DE COBERTURA.....	35
4.1.1 Taxa de cobertura do solo.....	35
4.1.2 Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura.....	37
4.2 FASE II - MILHO.....	41
4.2.1 Clorofila no milho.....	41
4.2.3 Componentes de rendimento do milho.....	47
4.2.4 Produtividade do milho.....	49
5 CONCLUSÕES	53
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	54

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho (*Zea mays* L.) destaca-se, no estado do Paraná, por ser de fácil comercialização e de grande importância na alimentação animal, além de estar inserida em diferentes níveis de propriedades rurais, desde a agricultura familiar até grandes produtores.

O sucesso na produção da cultura está diretamente ligado ao sistema produtivo como um todo, sendo a fertilidade do solo um dos principais fatores para se alcançar maiores produtividades. O nitrogênio é de suma importância para o desenvolvimento e produção do milho, conforme demonstrado em vários trabalhos. Porém, a utilização deste nutriente acarreta em maiores custos de produção e, quando usado de maneira inadequada, reduz a lucratividade dos agricultores, além de poder causar sérios prejuízos ambientais.

A dinâmica do nitrogênio no solo é muito complexa. Assim como pode ser absorvido pelo sistema radicular das culturas, o elemento também pode ser perdido de várias formas, destacando-se a lixiviação, a volatilização, a desnitrificação e, quando os solos são manejados de forma inadequada, também ocorrem muitas perdas por erosão. Reduzir as perdas de nitrogênio, através do sistema de cultivo adequado do solo e das plantas, usando as fontes adequadas, em dosagens corretas e aplicadas no momento ideal, são grandes desafios para a pesquisa.

Dentre os sistemas de cultivo praticados pelos agricultores, cita-se o cultivo mínimo, ainda usado no Sudoeste do Paraná, principalmente por produtores que não dispõem de semeadora de plantio direto para culturas de inverno (menor espaçamento). Esse sistema consiste no uso de uma gradagem leve no solo, aplicada no período de inverno, após a semeadura a lanço, com o intuito de incorporação das sementes, principalmente de plantas de cobertura do solo. O plantio convencional é outro método que hoje se aplica com menor intensidade, o qual visa o revolvimento total do solo, usando-se implementos agrícolas como o arado e posteriormente a grade para nivelar o solo. Em ambos os sistemas o revolvimento parcial ou total do solo influencia na estrutura do solo e na cobertura vegetal, o que pode alterar a dinâmica do nitrogênio, por interferência na velocidade de decomposição e de liberação dos nutrientes do resíduo vegetal. Por sua vez o plantio direto, sistema de cultivo mais utilizado atualmente, caracteriza-se pelo não

revolvimento do solo, e os benefícios desse sistema estão diretamente relacionados à presença de palha na área, algo cada vez mais crítico no atual cenário produtivo.

A palhada necessária para o plantio direto pode ser suprida com uso de espécies potenciais no inverno com características de grande volume de massa com longa duração, fixação simbiótica de nitrogênio e reciclagem de nutrientes. Pode-se citar, como espécies com alta capacidade de fixação simbiótica do nitrogênio, a ervilhaca peluda e a ervilha forrageira, e no caso com potencial de reciclagem de nitrogênio, além das já citadas, o nabo forrageiro se enquadra perfeitamente, e em termos de volume de massa seca e longevidade no campo a aveia se torna uma espécie interessante.

Independente do sistema de sistema de cultivo, o uso de plantas de cobertura com baixa relação C/N pode suprir parcial ou totalmente a adubação nitrogenada no milho cultivado em sucessão. Um dos problemas das plantas de cobertura do solo, numa visão imediatista, é que as mesmas não possuem apelo comercial, logo não trazem rentabilidade econômica. No entanto, o uso desordenado do solo, sem práticas adequadas de manejo, tem acarretado problemas com compactação do solo e perdas de matéria orgânica. Nesse cenário negativo as plantas de cobertura voltam a receber atenção especial com objetivo de restaurar a cobertura do solo e promover a ciclagem de nutrientes. O uso regular de plantas de cobertura, com o passar do tempo, auxiliará na adição de matéria orgânica ao solo, que, quando decomposta, fornecerá nutrientes ao sistema novamente. No entanto as espécies de cobertura se comportam de forma diferente devido sua relação C/N, podendo, em casos de relações altas, demorar mais para decompor e disponibilizar os nutrientes.

Assim, a elevada importância da adubação nitrogenada no milho refletindo em maiores produtividades, merece alternativas de manejo, tanto no sistema de cultivo do solo como na cultura antecessora ao milho, com intuito de melhorar e economizar o uso de nitrogênio.

Pensando nesse cenário o objetivo do presente estudo foi avaliar a necessidade da adubação nitrogenada na cultura do milho em sucessão às plantas de cobertura (nabo forrageiro, aveia, ervilhaca peluda e ervilha forrageira em cultivo solteiro), nos sistemas de cultivo mínimo, plantio direto e convencional.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A CULTURA DO MILHO

2.1.1 Aspectos Gerais

O milho é um cereal amplamente utilizado no mundo, sendo consumido na alimentação humana, nas formas "*in natura*", fubá e farinha, e também na alimentação animal, tendo no grão o maior componente de rações de aves e suínos; na bovinocultura, é utilizado como forma de volumoso, podendo ser utilizado como silagem de grão úmido ou de planta inteira; na indústria, pode ser transformado em vários subprodutos a partir do óleo e do amido de milho (PEIXOTO, 2002).

As maiores produções nacionais de milho, na safra 2014/15, ocorreram nas regiões Centro-Oeste, com 43,9%, Sul, 30,6%, e Sudeste, 13,7% (MAPA, 2015). Segundo a CONAB (2015b), a produtividade do milho primeira safra 2014/2015 foi de 5.009 e 8.654 kg ha⁻¹ para o Brasil e o estado do Paraná, respectivamente, e na segunda safra 2014/2015 de 5.294 e 5.487 kg ha⁻¹ para o Brasil e Paraná, respectivamente. Os dados do relatório citado acima colocam o Paraná com a maior produtividade nacional na primeira safra e terceira maior na segunda safra ficando atrás do Distrito Federal e Goiás. No entanto, a maior produção nacional desse cereal está no estado do Mato Grosso, seguido do Paraná, com 18,3 e 15,1 milhões de toneladas, respectivamente.

As projeções da cultura do milho para a safra 2024/2025 indicam que a área plantada de milho pode chegar a 21,4 milhões de hectares, as exportações devem atingir 31,7 milhões de toneladas, e a produção deverá atingir no mínimo 99,8 milhões de toneladas (MAPA, 2015). Esses dados são 2,9%, 51,2%, 26,3%, respectivamente, maiores comparados com os da safra 2014/2015. Apesar de tais projeções, a posição do dia 28/09/2015 da CONAB (2015a), no relatório de acompanhamento da cultura do milho, indicou que a área diminuiu substancialmente perdendo espaço para a soja que tem preços de mercado mais remuneradores.

Para incrementar a eficiência técnica e econômica da produção de milho é fundamental que se identifiquem sistemas de manejo compatíveis com as condições climáticas, edáficas, fundiárias e econômicas de cada região (SANGOI et al., 2006). Dentre os fatores que podem aumentar o rendimento do milho, destacam-se o

manejo da fertilidade do solo e, em especial, o da adubação nitrogenada. O N é um dos nutrientes demandados em maior quantidade pela cultura do milho e o seu suprimento adequado tem implicações técnicas, quanto ao desempenho e à lucratividade da cultura, e ambientais pelo alto potencial de lixiviação do nitrato (FONTOURA; BAYER, 2009). A produtividade de grãos e de matéria seca da parte aérea da planta de milho aumenta com a elevação das doses de nitrogênio (ARAÚJO et al., 2004).

2.1.2 Adubação Nitrogenada na Cultura do Milho

A adubação na cultura do milho, nas últimas safras, vem despertando bastante interesse devido a crescente alta no preço dos adubos, especialmente os nitrogenados, além da forte dependência externa no mercado de fertilizantes, a qual vem crescendo principalmente pela relativa estagnação na produção nacional. Portanto a busca por alternativas faz-se de fato necessária para os produtores (SOUSA et al., 2010).

As principais reações bioquímicas em plantas e microrganismos envolvem a presença do N, o que o torna um dos elementos absorvidos em maiores quantidades por plantas cultivadas (CANTARELLA, 2007).

Com o desenvolvimento de cultivares modernos, a produtividade do milho tem aumentado e, conseqüentemente, a demanda por N segue a mesma tendência (SANTOS et al., 2010). Segundo Meira et al. (2009) o milho, dentre outras culturas, é o que apresenta maiores incrementos na produtividade em resposta à adubação nitrogenada. Yamada; Abdalla (2000) atribuem a esta adubação aumento na proteína dos grãos de milho.

O solo fornece N para as culturas a partir da decomposição da MO. De forma simplificada, considera-se que quanto maior o teor de MO do solo, maior será a quantidade de N disponível para o milho (FONTOURA; BAYER, 2009). Segundo Okumura et al. (2011), 98% do N no solo encontra-se na forma orgânica e apenas 2% apresenta-se sob formas inorgânicas de amônio e/ou nitrato. Dependendo da atividade dos microrganismos, da umidade do solo, da disponibilidade de carbono oxidável etc., pode ocorrer maior ou menor disponibilidade do N inorgânico por meio da mineralização da matéria orgânica ou, inversamente, uma redução drástica do teor de N inorgânico, por sua imobilização na fração orgânica (CANTARELLA;

DUARTE, 2004).

Para Kappes et al. (2014), o manejo incorreto do N é o que mais onera o custo de produção da cultura, pois o fertilizante nitrogenado representa cerca de 40% dos custos totais da produção (MACHADO et al., 1998). Por sua vez, a não utilização de nitrogênio representou um prejuízo de 17,37% sobre a receita bruta da cultura (SILVA et al., 2005). Assim, se faz necessário um uso mais eficiente do nitrogênio, de forma a minimizar custos e maximizar a produção, melhorando a renda dos produtores.

Um sistema regional de indicação de N para o milho pode ser desenvolvido com base em quatro critérios essenciais: expectativa de rendimento da cultura, teor de MO do solo, tipo de planta de cobertura antecessora, e eficiência de absorção do N aplicado (OKUMURA et al., 2011). Além disso, Coelho (2007) cita outros fatores que devem ser considerados, tais como: condições edafoclimáticas; sistema de cultivo (plantio direto ou convencional); época de semeadura (época normal ou safrinha); responsividade do material genético; rotação de culturas; época e modo de aplicação; aspectos econômicos e operacionais. Isso enfatiza a regra de que as recomendações de nitrogênio devem ser cada vez mais específicas e não generalizadas.

A eficiência da utilização do nitrogênio adicionado ao solo se refere ao grau de recuperação desse elemento pelas plantas, considerando as perdas que geralmente ocorrem (BREDEMEIER; MUNDSTOCK, 1999). Sob condições de campo, sabe-se que a recuperação do N fertilizante pela cultura raramente é maior do que 50% (YAMADA; ABDALLA, 2000). A baixa eficiência de recuperação do N do fertilizante tem sido atribuída, principalmente, a volatilização de amônia e desnitrificação do N (SANTOS et al., 2010).

Para aperfeiçoar a recomendação do N, Amado (1997) descreve algumas informações a serem analisadas: a estimativa do potencial de mineralização do N do solo; a quantidade de N mineralizado ou imobilizado pela cultura de cobertura; o requerimento do N pela cultura para atingir um rendimento projetado; a expectativa da eficiência de recuperação do N disponível das diferentes fontes (solo, resíduo de cultura, fertilizante mineral).

O desenvolvimento de novos parâmetros que auxiliem no manejo da adubação nitrogenada é fundamental, pois contribuirão para aumentar a eficiência de uso do N. Um dos parâmetros que pode ser inserido nesse processo é o teor

relativo de clorofila nas folhas (RAMBO et al., 2004).

O N é necessário para a síntese da clorofila e, como parte da molécula da clorofila, está envolvido na fotossíntese. Assim, a falta de N e clorofila significa que a planta não vai utilizar a luz do sol como fonte de energia para levar a efeito funções essenciais como a absorção de nutrientes (REIS et al., 2006).

O teor de clorofila na folha é utilizado para se predizer as necessidades em N das plantas, sendo que as leituras podem ser efetuadas de maneira não destrutiva e até mesmo no campo com o auxílio do medidor portátil de clorofila, o qual calcula a quantidade de luz transmitida pela folha, com base em dois comprimentos de ondas, com diferentes absorbâncias da clorofila (MINOLTA, 1989).

A leitura do conteúdo de clorofila que indica adequado nível de N (ou valor crítico) não é afetada pelo consumo de luxo, ou seja, o consumo de luxo de N não aumenta a leitura do conteúdo de clorofila foliar, pois, quando N é absorvido em excesso, acumula-se na folha como nitrato e nessa forma o N não se associa à molécula de clorofila e, portanto, não é quantificado pelo clorofilômetro; uma planta produzirá tanta clorofila quanto possível, independentemente de quanto N exista na planta, até que outros fatores, como o consumo de luxo, tornem-se limitantes (CARVALHO et al., 2012).

Mesmo o uso do clorofilômetro sendo eficiente para indicar a necessidade de adubação nitrogenada, Argenta et al. (2003) evidenciam que esse mecanismo apresenta limitação por não quantificar a dose a ser aplicada. Assim, o uso de indicadores de solo e de planta devem ser integrados com os níveis de clorofila nas folhas para recomendação mais exata do manejo de N na cultura do milho.

O IAPAR (2003) recomenda, para safra normal, aplicar 20 a 40 kg ha⁻¹ de N no sulco de plantio e de 60 a 120 kg ha⁻¹ em cobertura dependendo da cultura anterior e do potencial de produção da lavoura.

Em trabalho com épocas de aplicação de nitrogênio na cultura do milho cultivado após plantas de cobertura, Strieder et al. (2006) concluíram que: (a) A aveia preta apresentou baixa taxa de mineralização e de liberação de N de seus resíduos, sendo esses processos estimulados nas espécies ervilhaca comum e nabo forrageiro; (b) A utilização de aveia preta como cultura antecessora ao milho diminuiu os teores de N mineral no solo e de N na planta de milho, independentemente da época de aplicação de N em cobertura; (c) A utilização de ervilhaca comum e de nabo forrageiro, como espécies de cobertura de solo antecessoras, incrementou o

teor relativo de clorofila na folha e a produção de massa seca de milho, avaliados no estágio de sete folhas expandidas, independentemente da época de aplicação de N em cobertura.

A ervilhaca e o nabo, tanto em culturas puras como consorciados à aveia, proporcionaram maior produtividade de milho em sucessão do que o pousio e a aveia solteira (GIACOMINI et al., 2004). Silva et al. (2007), analisando o consórcio de aveia preta com nabo forrageiro, concluíram que o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão é maior à medida que aumenta a proporção de nabo forrageiro no consórcio, independentemente da dose de N aplicada em cobertura.

Kappes et al. (2009), estudando adubação nitrogenada em cobertura na cultura do milho, concluíram que a aplicação influencia, positivamente, o desempenho produtivo da cultura, no sistema de semeadura direta, sendo que quando aplicado no estágio 3 (dez folhas completamente expandidas), proporciona maior diâmetro de espiga, comprimento de grão, fileiras de grãos por espiga e produtividade de grãos. Meira et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes, onde as maiores produtividades de grãos foram obtidas nos tratamentos que receberam as maiores doses de N em cobertura e no tratamento em que o N foi fornecido somente em cobertura.

2.2 O USO DE PLANTAS DE COBERTURA DE SOLO

Dentre as práticas agrícolas consideradas adequadas para um correto sistema de cultivo, destacam-se: a rotação de culturas, o plantio direto, o manejo da fertilidade através da calagem e a adubação equilibrada com macro e micronutrientes, utilizando fertilizantes químicos ou orgânicos (esterco, compostos, adubação verde etc.) (COELHO, 2007).

As plantas de cobertura do solo, com o uso de determinadas espécies antecedendo as culturas comerciais, podem proporcionar ganhos em fertilidade do solo e nutrição das plantas, levando em conta que com a manutenção da palha sobre a superfície ocorrerá um processo de acúmulo gradativo de material orgânico no solo, com o transcorrer do tempo, chegando ao ponto que a taxa de adição deste material orgânico supera a taxa de decomposição, tendendo a aumentar a concentração de matéria orgânica e resultando no aumento da fertilidade do solo, fatores que proporcionarão a cultura subsequente aumento na eficiência de uso dos

nutrientes, o que em muitas situações possibilitará redução nas dosagens dos adubos devido à reciclagem de nutrientes (HECKLER; SALTON, 2002).

Entre alguns estudos envolvendo sistemas de culturas e de sistema de cultivo, Bayer et al. (2003) concluíram que a inclusão de plantas de cobertura recupera parcialmente os estoques de carbono orgânico e nitrogênio total em solo sob preparo reduzido.

Dentre as espécies utilizadas como cultura de cobertura, algumas merecem destaque, por seus benefícios físico-químicos ao solo, entre elas a aveia preta, a ervilhaca peluda e o nabo forrageiro, como plantas antecessoras de inverno (CRUZ et al., 2006). Em estudo realizado por Doneda (2010), conclui-se que, até então pouco utilizada, a ervilha forrageira também tem potencial para anteceder o milho em plantio direto.

A utilização de espécies antecessoras ao milho com capacidade de fornecer nitrogênio, seja através da fixação simbiótica ou pela reciclagem do nutriente, é de grande importância para a manutenção da produtividade (SILVA et al., 2006a). Corroborando com essa ideia Viola (2011), comenta que quando a cultura sucessora necessita de elevadas doses de nitrogênio, a utilização da leguminosa resultará em maior disponibilização de nitrogênio.

Neste sentido, Doneda (2010) argumenta que a elevada quantidade de N acumulada pela ervilha forrageira, em relação às poaceas, deve-se ao fato da leguminosa fixar N_2 atmosférico em simbiose com rizóbio. A ervilha forrageira é uma leguminosa indicada para adubação verde e para cobertura de solo, no inverno, preferencialmente antecedendo gramíneas, como milho, diminuindo a dependência das culturas subsequentes em fertilizantes químicos, especialmente nitrogênio, bem como reduzindo custos de produção e impactos ambientais, permitindo também reduzir o uso de herbicidas dessecantes em sistema de plantio direto devido à precocidade e uniformidade de desenvolvimento da espécie (EMBRAPA, 2003).

A utilização de leguminosas nos programas de rotação de culturas associado ao sistema plantio direto foi eficiente em aumentar as reservas de N do solo proporcionando gradual incremento da capacidade de suprimento deste nutriente. (HECKLER; SALTON, 2002).

Doneda (2010), avaliando as plantas de cobertura solteiras (centeio, aveia preta, ervilha forrageira e nabo forrageiro), em consórcio (centeio + ervilha forrageira, centeio + nabo forrageiro, aveia + nabo forrageiro, centeio + ervilhaca,

aveia + ervilhaca) e em pousio (vegetação espontânea da área), submetendo o milho posteriormente a doses de nitrogênio, concluiu que, quando cultivadas isoladamente, a ervilha forrageira e o nabo acumularam maiores quantidades de nitrogênio na parte aérea. O autor ainda cita que essas duas culturas, isoladas ou em consórcio com poaceas, podem suprimir a adubação nitrogenada na semeadura do milho.

Além da ervilha forrageira, a ervilhaca peluda também se caracteriza por ser uma leguminosa com poder de fixar o N_2 atmosférico, resultando em benefícios para o solo e a cultura sucessora ao seu cultivo. A ervilhaca peluda é uma planta que se desenvolve em solos de baixa fertilidade e com problemas de acidez, produzindo grande quantidade de massa, que poderá ser empregada como forragem de inverno ou como adubação verde, podendo suprir o equivalente a 80 - 120 kg de nitrogênio para o milho plantado em sucessão (FORMENTINI, 2008).

Silva et al. (2006a), cultivando milho com doses de nitrogênio variando de 0 a 250 kg ha⁻¹, com plantas de cobertura antecessoras (aveia preta, ervilhaca peluda e nabo forrageiro), concluíram que na ausência de adubação nitrogenada, as maiores produtividades de milho são obtidas quando a cultura antecessora é ervilhaca peluda ou nabo forrageiro, e quando o milho é cultivado sobre a ervilhaca peluda não apresenta resposta à adubação nitrogenada. Isso demonstra que a utilização de espécies antecessoras ao milho, capazes de fornecer nitrogênio pela fixação simbiótica ou reciclagem de nutrientes, é importante para a manutenção da produtividade (LÁZARO et al., 2013), reduzindo os impactos econômicos e ambientais do uso de N mineral.

Outras opções para cobertura de solo são as espécies da família das brassicaceas, especialmente o nabo forrageiro (*Raphanus sativus*). Essas espécies não possuem a capacidade de fixar N, mas, em razão das características de seu sistema radicular, apresentam alta capacidade de reciclar esse nutriente de camadas mais profundas do solo (SILVA et al., 2008).

Crusciol et al. (2005), concluíram que o nabo forrageiro produz, até o estágio de pré-florescimento, elevada quantidade de parte aérea em cultivo de inverno, acumulando 57,2; 15,3; 85,7; 37,4; 12,5 e 14,0 kg ha⁻¹, respectivamente, de N, P, K, Ca, Mg e S. Os autores, no mesmo trabalho, concluíram que o K e N são os nutrientes disponibilizados em maior quantidade e velocidade para a cultura subsequente.

Segundo Nicoloso et al. (2008), o nabo forrageiro, tem capacidade de crescer em camadas compactadas, formar bioporos estáveis e melhorar os atributos físicos do solo. No entanto, pela sua baixa relação C/N, apresenta elevada taxa de decomposição (EMBRAPA, 2003). Nesse caso a cobertura do solo será menos duradoura, porém a disponibilização dos nutrientes reciclados se dará antecipadamente. Com a elevada decomposição e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no período inicial é possível inferir que, para maximizar o aproveitamento desses elementos, a implantação da cultura subsequente deve ser realizada com maior antecedência possível após o manejo da planta de cobertura (CRUSCIOL et al., 2005).

Com a relação C/N mais elevada que a ervilha forrageira, a ervilhaca peluda e o nabo forrageiro, a aveia preta é a espécie mais difundida e utilizada no sul do Brasil, como cobertura de solo. O maior interesse pela aveia preta é atribuído à sua rusticidade, ao rápido crescimento inicial, que favorece a cobertura do solo, à facilidade de produção de sementes e de semeadura e ao menor custo de produção, em comparação às leguminosas, sendo que as gramíneas também são eficientes no controle de ervas daninhas e os aspectos fitossanitários são menos preocupantes do que nas leguminosas (CERETTA et al., 2002).

Martins; Rosa Junior (2006), comparando a aveia preta, o nabo forrageiro, a ervilhaca e a consorciação das três culturas (50% de aveia preta + 25% ervilhaca peluda + 25% nabo forrageiro), concluíram que a aveia preta é mais eficiente em manter o solo coberto por maior tempo e aumenta o grau de flocculação do solo. Por outro lado, Silva et al. (2007) afirmam que o uso de aveia preta como espécie de cobertura de solo no inverno causa imobilização do N, reduzindo o desenvolvimento da planta e o rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão. Segundo Bortolini et al. (2001), a redução nos teores de N do solo na presença da palha de aveia preta é devida a sua alta relação C/N, a qual provoca imobilização do N do solo pela ação de microrganismos durante a decomposição dos resíduos.

De modo geral, independente de qual espécie utilizada como planta de cobertura, esta prática de manejo está ligada diretamente à conservação do solo. Segundo Hernani; Salton (1998), o conjunto de técnicas embasadas em práticas vegetativas (cobertura verde, cobertura morta, adubação verde, rotação de culturas, faixas de retenção, entre outras) e em práticas mecânicas, tais como revolvimento mínimo ou ausência de revolvimento de solo e terraceamento, são sistemas

conservacionistas de cultivo.

2.3 EFEITOS DE DIFERENTES SISTEMAS DE CULTIVO DO SOLO

Um sistema de cultivo pode ser definido como um conjunto de operações agrícolas visando a manipulação física, química e biológica do solo, com o objetivo de otimizar as condições para a germinação das sementes, a emergência das plântulas, bem como o estabelecimento e desenvolvimento das plantas cultivadas (VARELLA, 1999; FILHO et al., 2000).

Mantovani (2002) define os sistemas de cultivo da seguinte forma: (1) Sistema Convencional: combinação de uma aração (arado de disco) e duas gradagens, feitas com a finalidade de criar condições favoráveis para o estabelecimento da cultura; (2) Sistema Cultivo Mínimo: refere-se à quantidade de preparo do solo, para criar nele condições necessárias a uma boa emergência e estabelecimento das plantas; (3) Sistema Conservacionista: qualquer sistema de preparo do solo que reduza a perda de solo ou água (plantio direto: método de plantio que não envolve o preparo de solo, a não ser na faixa e na profundidade onde a semente será plantada).

O sistema plantio direto (PD) surgiu, segundo Hernani; Salton (1998), na década de 1970 no Brasil, em trabalhos de pesquisa realizados no Rio Grande do Sul e no Paraná, porém sua adoção, em larga escala, tinha como limitações a disponibilidade de máquinas semeadoras capacitadas para realizar o corte da palha e depositar as sementes no solo, sem revolvê-lo, e de herbicidas pós-emergentes específicos que atendessem as exigências dos diferentes sistemas de rotação de culturas.

Pioneiro na adoção da técnica, o Paraná virou referência de desenvolvimento nessa tecnologia, que hoje é utilizada por pelo menos 80% das áreas de produção agrícola brasileira e dos países vizinhos da América do Sul (ITAIPU, 2015).

Sherer et al. (2007) descrevem o solo sob plantio direto encontrado, normalmente, em melhor estado, apresentando, principalmente na sua camada superficial, melhor estrutura, maiores teores de matéria orgânica e maior atividade microbiana. Estes fatores, para Heckler; Salton (2002), quando aliados à mineralização, disponibilizam nutrientes às plantas, induzindo acréscimos na

produtividade dos cultivos. Ao contrário, Bertol et al. (2001) relatam que o uso do plantio convencional, devido o intenso revolvimento do solo na camada superficial, pode favorecer a decomposição da matéria orgânica.

O plantio convencional envolve o revolvimento e pulverização do solo de forma intensiva, aplicação de corretivos e fertilizantes e exposição das partículas de solo. Este cultivo pode alterar a estrutura do solo, o que reflete no índice de qualidade do solo (FREITAS et al., 2010). Sistemas de cultivo intensivo do solo, além de degradá-lo, favorecem a compactação, provocando mudanças na porosidade, interferindo diretamente nos fluxos de ar e de água no solo (FACHIN, 2013).

Em estudo de longa duração (21 anos), Costa et al. (2004) analisaram o efeito do sistema plantio direto sobre os estoques de carbono orgânico total (COT) e particulado (COP (>53 μ m)), em um Latossolo Bruno, Guarapuava-PR. O plantio direto apresentou taxa de incremento de 0,15 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de COT e 0,06 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de COP na camada de 0-20cm, em comparação aos estoques de carbono orgânico do solo sob o plantio convencional. No entanto, a incorporação dos resíduos vegetais no plantio convencional promoveu maiores estoques de carbono orgânico total e carbono orgânico particulado, na camada de 10 a 20 cm, em comparação ao solo em plantio direto.

O uso do preparo convencional para implantação da cultura do milho pode acelerar a decomposição dos resíduos produzidos pelas culturas antecessoras, disponibilizando mais rapidamente os nutrientes. No entanto, ao eliminar a cobertura vegetal, esse sistema também pode favorecer perdas de nutrientes por erosão, exigindo maior atenção pelos produtores.

No modelo atual de desenvolvimento da agricultura, alguns sistemas de cultivo do solo deixaram de existir na sua forma pura, ou seja, tem sido usual algumas áreas, supostamente cultivadas em plantio direto, sofrerem revolvimento de solo, notadamente sob a alegação de que se encontram com problemas de compactação. No entanto, o efeito do uso apenas de escarificadores é efêmero, apresentando duração inferior a um ano, conforme relatado por Silva et al. (2012) que avaliaram o comportamento da densidade do solo e do grau de compactação em profundidade após a escarificação do solo sob plantio direto há 16 anos. Esse resultado mostra a necessidade de inserção, nos sistemas de cultivo, de espécies vegetais que utilizem o seu sistema radicular para promover a (re)agregação do solo e eliminar problemas de compactação, uma vez que, isoladamente, o escarificador

não é capaz de trazer esses benefícios ao solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL

O experimento está instalado desde o ano de 2011, no entanto o período de avaliação para o presente estudo compreende de junho de 2014 a março de 2015. Cabe salientar que a disposição dos sistemas de cultivo e das plantas de cobertura, bem como o cultivo do milho no verão, seguem rigorosamente o mesmo delineamento e sorteio do início do experimento.

O local da realização é a área experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Pato Branco, região Sudoeste do Paraná. A análise química da área (camada 0 – 20 cm) no ano de 2011, quando da implantação do experimento, está representada na Tabela 1, separada pelos blocos (repetições), em função da desuniformidade nutricional, especialmente em relação aos teores de fósforo e potássio. O solo do local é classificado como Latossolo Vermelho distrófico.

Tabela 1 - Análise química do solo antes do início do experimento. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2011

BLOCOS	pH- CaCl ₂	MO g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K ----- cmol _c dm ⁻³	Ca	Mg	Al	H + Al	V
									%
1	5,8	48,2	29,3	0,75	6,5	4,3	0	3,68	75,8
2	5,4	48,2	11,2	0,45	5,4	3,5	0	4,61	67,0
3	5,3	50,9	5,0	0,30	5,3	3,5	0	4,59	66,5
4	5,2	59,0	3,8	0,25	5,2	3,1	0	5,01	63,1

MO: matéria orgânica; P e K extraídos com Mehlich-1; Ca, Mg e Al extraídos com KCl 1M; H + Al determinados pela correlação com Índice SMP; V: saturação por bases.

A altitude da área é de 730m, com coordenadas geográficas de 26°41'S e longitude 56°07'W. O clima é do tipo Cfa, com temperaturas abaixo de 18°C no inverno e média acima de 22°C no verão, com chuvas regulares ao longo do ano, variando de 1400 a 1800 mm. Os dados de precipitação pluviométrica e as temperaturas mínimas, máximas e médias mensais incidentes durante a realização do experimento são apresentados na Figura 1.

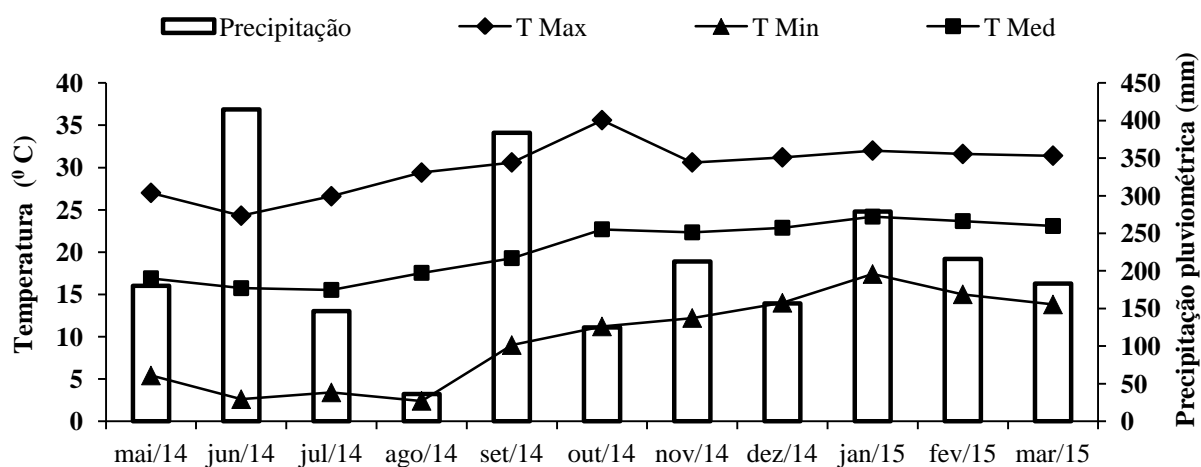


Figura 1 - Precipitação pluviométrica acumulada (Precipitação) e temperatura mínima (T Min), máxima (T Max) e média (T Med) mensal no período de maio de 2014 a março de 2015, em Pato Branco - PR.
Fonte: IAPAR (2015).

3.2 FASE I

3.2.1 Implantação e condução do experimento no período de inverno

A primeira fase do experimento foi instalada no mês de junho de 2014, usando o delineamento experimental de blocos ao acaso com parcelas subdivididas e quatro repetições (ANEXO I).

Nas parcelas principais (6m de largura x 40m de comprimento) foram testados três sistemas de sistema de cultivo:

- Plantio convencional do solo (PC) constituído por uma aração e duas gradagens com grade niveladora e semeadura com uso de semeadora adubadora de plantio direto (procedimento realizado nas fases I e II do estudo);

- Cultivo mínimo (CM) onde foi realizada a semeadura a lanço da cultura de inverno com uma gradagem para incorporação da semente (procedimento realizado na fase I do estudo. Na fase II foi realizado da mesma maneira que o tratamento plantio direto (PD));

- Plantio direto (PD) é realizado a semeadura com o uso de semeadora adubadora para plantio direto (procedimento realizado nas fases I e II do estudo).

Já, nas subparcelas (6m de largura x 10m de comprimento) foram implantadas as quatro plantas de cobertura de inverno:

- Aveia preta (*Avena strigosa*) IAPAR 61 (70 Kg ha⁻¹ de sementes) - (AP);
- Ervilha forrageira IAPAR 83 (*Pisum sativum*) (40 Kg ha⁻¹ de sementes) - (EF);
- Ervilhaca peluda (*Vicia villosa*) (55 Kg ha⁻¹ de sementes) - (EP);
- Nabo forrageiro IPR 116 (*Raphanus sativus*) (25 Kg ha⁻¹ de sementes) - (NF).

Em todos os anos do experimento, incluindo o de avaliação deste trabalho, as plantas de cobertura são implantadas sem qualquer tipo de adubação química ou orgânica.

3.2.2 Avaliações no período de inverno

Para as plantas de cobertura foram realizadas às seguintes avaliações: taxa de cobertura de solo (TCS), produção de matéria seca (MScob) e acúmulo dos nutrientes nitrogênio (ANcob), fósforo (APcob) e potássio (AKcob).

A avaliação de taxa de cobertura do solo (TCS) foi feita a partir de uma adaptação da proposta de Magalhães et al. (2004). As avaliações foram realizadas sempre no mesmo lugar da subparcela aos 15, 30, 45, 60 e 75 DAE (dias após a emergência) das plantas de cobertura. Para realizar as leituras usou-se um quadro com 0,25 m², com 25 pontos de intersecção e uma barra de ferro com diâmetro de 0,05 m. Para cada ponto de intersecção do quadrado, se inseria a barra de ferro. Onde havia contato ferro - planta de cobertura considerava-se ponto coberto. Ao final de cada leitura se extrapolava a porcentagem de área coberta do quadro.

Para avaliação da matéria seca das plantas de cobertura (MScob) foi feito o corte das espécies (0,25 m²), rente ao solo aos 105 dias após a emergência. Nesta fase as plantas de cobertura não se encontravam na mesma fase fenológica, devido o ciclo de cada uma ser diferente; assim, a AP e a EF estavam próximas do florescimento, a EP em estágio vegetativo, já o NF havia concluído o florescimento, apresentando o início da formação de sementes. As amostras cortadas foram armazenadas em sacos de papel e secadas em estufa com ventilação forçada do ar na temperatura de 60° C até atingir massa constante, assim podendo ser pesada e extrapolada para Mg de matéria seca por ha⁻¹.

Após a pesagem da matéria seca (MScob) as amostras foram moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira 40 mesh (diâmetro de 0,45 mm). As

quantificações dos teores de nitrogênio, fósforo e potássio da parte aérea das plantas de cobertura foram realizadas no laboratório de solos da UTFPR – Pato Branco/PR, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995). A partir dos dados de matéria seca das plantas de cobertura (MScob) e dos teores dos nutrientes da parte aérea das plantas de cobertura, fez-se o cálculo do acúmulo de nutrientes (ANcob, APcob e AKcob) em kg ha^{-1} .

3.3 FASE II

3.3.1 Implantação e condução do experimento no período de verão

Na Fase II, o experimento foi implantado em blocos casualizados com parcelas sub subdivididas. No caso da parcela principal, envolvendo os sistemas de cultivo, estes ficaram assim distribuídos, juntando as duas fases do experimento: PC-PC; CM-PD; PD-PD, respectivamente inverno (fase I) e verão (fase II). As subparcelas na fase II estavam cobertas com o residual manejado das plantas de cobertura já descritas na fase I. As sub subparcelas foram feitas a partir da divisão da subparcela ficando com uma área de 30 m^2 ($3,00 \text{ m} \times 10,00 \text{ m}$) (ANEXO II).

Os tratamentos da sub subparcela foram:

- 0 Kg ha^{-1} de nitrogênio (SEM N);
- 160 Kg ha^{-1} de nitrogênio aplicado em cobertura no estágio fenológico do milho V4. A fonte de N utilizada foi à ureia com 45% de N (COM N).

O plantio do milho foi realizado em área total do experimento no mês de outubro, o híbrido utilizado foi Pioneer 30F53 Hx[®], com uma população de $75 \text{ mil plantas ha}^{-1}$. A adubação de base utilizada foi de 45 Kg ha^{-1} de P_2O_5 (Superfosfato simples) e 50 Kg ha^{-1} K_2O (Cloreto de potássio) na linha de plantio para todo o experimento. Para o controle de plantas daninhas foram utilizados produtos à base de tembotriona (420 g/l) e atrazina (250 g/l) + simazina (250g/l); para o controle de insetos os produtos utilizados foram à base de lambda cialotrina (106g/l) + tiametoxam (141g/l) e clorpirifós (480g/l), com aplicação em área total, sempre que necessário.

3.3.2 Avaliações no período de verão

As avaliações realizadas nesta etapa foram:

- Quantificação de clorofila: clorofila A (ClorA), clorofila B (ClorB) e clorofila total (ClorTot);
- Mensuração dos componentes de rendimento do milho: comprimento de espiga (CE), número de fileiras por espiga (NFE), número de grãos por fileira da espiga (NGF), diâmetro de espiga (DE), massa de mil grãos (MMG);
- Produtividade (PROD) de grãos de milho;
- Teores de nutrientes na folha índice: nitrogênio (Nfol), fósforo (Pfol) e potássio (Kfol).

Para a quantificação de ClorA, ClorB e ClorTot selecionou-se, de forma aleatória, dez plantas em pleno florescimento na linha central da sub parcela, mensurando na folha oposta a espiga no terço médio da folha com o auxílio de um clorofilômetro cloroFILOG FALKER®.

Os componentes de rendimento foram realizados simultaneamente no momento da colheita:

- Comprimento de espiga (CE): Com o auxílio de uma régua graduada mediu-se o comprimento de dez espigas selecionadas de forma aleatória na sub parcela.
- Número de fileiras por espigas (NFE) e número de grãos na fileira (NGF): Nas mesmas dez espigas selecionadas de forma aleatória para medição do CE, contou-se o NFE e o NGF.
- Diâmetro de espiga (DE): Nas mesmas dez espigas selecionadas de forma aleatória na sub parcela, foi mensurado o DE, no terço médio da espiga, com auxílio de paquímetro digital.
- Massa de mil grãos (MMG): Contou-se manualmente quinhentos grãos, os quais foram pesados e extrapolado a massa para mil grãos.
- Produtividade (PROD): As espigas foram colhidas manualmente na sub parcela, em duas linhas centrais de 5 metros totalizando uma área útil de 7m². As espigas foram batidas no batedor de cereal elétrico, após os grãos foram verificados umidade individualmente no medidor de umidade eletrônico G800, sendo os resultados corrigidos para 13% de umidade e os valores extrapolados em Mg ha⁻¹.
- Teores de nutrientes na folha índice: nitrogênio (Nfol), fósforo (Pfol) e

potássio (Kfol): Para análise foliar coletou-se as mesmas dez folhas que se realizava o teor de clorofila. As amostras foram armazenadas em sacos de papel e secadas em estufa de ventilação forçada na temperatura de 60° até atingir massa constante, após isso moídas em moinho tipo Wiley, equipado com peneira 40 mesh (diâmetro de 0,45 mm). As quantificações dos teores de N, P, K, foi realizada no laboratório de solos da UTFPR – Pato Branco/PR, conforme metodologia descrita em Tedesco et al. (1995).

3.4 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e testados pelo teste F a 5% de probabilidade de erro. Havendo significância, isolada ou da interação entre os sistemas de cultivo, plantas de cobertura e adubação nitrogenada, foi realizado o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. No caso dos tratamentos com e sem N, por serem somente dois níveis, realizou-se somente o teste F.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 FASE I - PLANTAS DE COBERTURA

4.1.1 Taxa de cobertura do solo

A análise de variância demonstrou que a taxa de cobertura do solo aos 45, 60 e 75 dias após emergência (DAE) apresentou interação sistemas de cultivo x plantas de cobertura, porém na fase inicial (15 e 30 DAE) apresentou significância apenas para plantas de cobertura (Anexo III). No ano de 2012, nesse mesmo experimento, Faverson et al. (2014) não observaram efeito significativo da interação, apenas efeito isolado das plantas de cobertura.

A aveia preta foi à espécie que cobriu mais rapidamente o solo, tendo atingido 51% de cobertura aos 30 DAE, seguida no nabo forrageiro, ervilhaca peluda e ervilha forrageira com 39, 30 e 22% de cobertura do solo, respectivamente (Tabela 2). Esse resultado pode ser explicado a partir de uma consideração de Gomes et al. (1997), em que descrevem o desenvolvimento inicial mais rápido das gramíneas, proporcionando uma melhor adaptação as adversidades edafoclimáticas do inverno, assim atingindo melhores performances ao comparar com outras espécies. Até os 30 DAE os sistemas de cultivo não influenciaram na taxa de cobertura.

É preciso ressaltar que durante o cultivo das plantas de cobertura, o desenvolvimento das mesmas não foi regular, tendo problemas como o ataque de pulgões, de forma mais grave na ervilha forrageira, limitando seu desempenho, principalmente no plantio convencional, já que, a partir dos 45 DAE a taxa de cobertura com ervilha forrageira foi inferior àquela observada no CM e no PD (Tabela 2).

Segundo Santos et al. (2012), a ervilha forrageira prefere solos bem supridos de matéria orgânica (MO). Apesar de não avaliados nesse experimento, sabe-se que os teores de MO nos solos submetidos ao plantio direto e cultivo mínimo geralmente são mais altos do que no plantio convencional. Nesse contexto, pode-se inferir um menor desenvolvimento da ervilha forrageira no sistema plantio convencional, além de que nessa situação a cultura teria um retardo na passagem de folhas novas para velhas se tornando mais suscetível a formação de colônias de

pulgões, que segundo Alencar; Dias (2010) acontece justamente nas folhas novas da ervilha forrageira. Assim, o provável menor teor de matéria orgânica no plantio convencional e o ataque de pulgões ocorrido na cultura, podem ter inferido em menores taxas de cobertura do solo para a ervilha forrageira no plantio convencional.

Tabela 2 - Taxa de cobertura do solo (%) em função do uso de plantas de cobertura e sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.

Cultivo do solo	AP	EF	EP	NF
	TAXA DE COBERTURA DO SOLO (%)			
15 DAE				
	26 A	13 B	15 A	16 B
CV(%)**	39,68			
30 DAE				
	51 A	22 C	30 BC	39 B
CV(%)**	27,08			
45 DAE				
CM	80 Aa	65 A a	72 A a	59 A a
PC	71Aa	23 Bb	52 ABa	55ABa
PD	62 Aa	55 A ab	77 A a	64 A a
CV(%)**	23,03			
60 DAE				
CM	97Aa	94Aa	97Aa	86Aa
PC	87Aa	38Bb	77Aa	78Aa
PD	92Aa	86Aa	100Aa	90Aa
CV(%)**	15,01			
75 DAE				
CM	100Aa	100Aa	100Aa	90Aa
PC	100Aa	64Bb	100Aa	82ABa
PD	100Aa	90Aa	100Aa	100Aa
CV(%)**	10,02			

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação (%).

Dias após a emergência (DAE); aveia preta (AP); ervilhaca peluda (EP); ervilha forrageira (EF); nabo forrageiro (NF); plantio direto (PD); plantio convencional (PC); e cultivo mínimo (CM).

Considerando-se os cultivos de solo, tanto no plantio direto quanto no cultivo mínimo a taxa de cobertura do solo não se diferenciou entre as plantas de cobertura aos 45, 60 e 75 DAE (Tabela 2). A taxa de cobertura do solo no plantio convencional não se mostrou tão uniforme como os outros cultivos, sendo superior para aveia preta em relação a ervilha forrageira e semelhante a ervilhaca peluda e nabo forrageiro dos 45 até os 75 DAE.

As espécies cobrem o solo de maneira mais uniforme e com maiores taxas de cobertura quando cultivadas no plantio direto e cultivo mínimo, condição que provavelmente disponibilizará mais nutriente devido aos maiores teores de matéria orgânica e menor revolvimento do solo ao comparar com o plantio convencional. Isso foi evidenciado nesse trabalho, uma vez que, tanto no plantio direto quanto no cultivo mínimo, aos 60 DAE a taxa de cobertura do solo já estava próxima dos 100% para todas as plantas testadas (Tabela 2).

Bayer et al. (2001) corroboram com esse pensamento, comentando que solos sob plantio direto, quando submetidos ao preparo convencional, com aração e gradagem, apresentam um decréscimo expressivo dos estoques de matéria orgânica. Para Vargas et al. (2005), em sistemas de plantio direto o nível mais elevado de carbono disponível para a microbiota, possibilitaria uma maior imobilização do nitrogênio, bem como o seu acúmulo gradual em formas orgânicas, aumentando a capacidade de suprimento deste nutriente ao longo do tempo.

Devido o experimento estar instalado há quatro anos, esses benefícios atribuídos ao cultivo mínimo e principalmente ao plantio direto, devem influenciar em alguns resultados. Associado a isso, a não utilização de adubação química no período invernal do experimento, pode explicar as menores taxas de cobertura no sistema plantio convencional, onde a camada mais fértil do solo foi pulverizada com camadas subsuperficiais.

4.1.2 Produção de matéria seca e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas de cobertura.

Os resultados da matéria seca das plantas de cobertura (MScob) nos diferentes cultivos estão apresentados na Tabela 3. Em geral, as massas produzidas pela ervilha forrageira são mais baixas devido ao já mencionado ataque de pulgões. Calegari; Pola (2009) citam o pulgão em ataques esporádicos na cultura como sendo uma praga. Doneda et al. (2012) produziram, em experimento no município de Não-Me-Toque - RS, 5.540 kg ha⁻¹ de massa seca de ervilha forrageira, valor em torno de três a cinco vezes superior aos encontrados nesse experimento.

A matéria seca das plantas de cobertura das espécies: aveia preta, ervilhaca peluda e ervilha forrageira não apresentaram diferenças significativas para os sistemas de cultivos estudados (Tabela 3). Após três anos de implantação no Oeste

do Paraná, resultados semelhantes foram encontrados por Echer et al. (2014) nos cultivos de plantio direto e plantio convencional do solo, não encontrando efeito na produção de matéria seca de aveia preta, azevém, nabo forrageiro e ervilhaca.

Tabela 3 – Matéria seca das plantas de coberturas e acúmulo de nutrientes na parte aérea em função dos sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014

Cultivo do solo	AP	EF	EP	NF
Matéria Seca (Mg ha ⁻¹)				
CM	4,09 Aba	2,78 Ba	2,99 Ba	5,40 Aa
PC	4,09 Aa	1,12 Ba	2,79 ABa	3,20 Ab
PD	5,01 Aa	1,25 Ca	3,68 ABa	2,56 BCb
CV(%)**	23,06			
Acúmulo de N (Kg ha ⁻¹)				
CM	94 Aa	64 Aa	91 Aa	98 Aa
PC	78 Aa	21 Bb	99 Aa	64 Aab
PD	100 Aa	27 Bab	109 Aa	46 Bb
CV(%)**	21,24			
Acúmulo de P (Kg ha ⁻¹)				
CM	12 Aba	7 Ba	13 Aa	10 Aba
PC	9 Aba	2 Ca	12 Aa	5 BCa
PD	12 Aba	3 Ca	16 Aa	5 BCa
CV(%)**	23,50			
Acúmulo de K (Kg ha ⁻¹)				
	97 A	11 B	92 A	35 B
CV(%)**	30,80			

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação (%).

Aveia preta (AP); ervilhaca peluda (EP); ervilha forrageira (EF); nabo forrageiro (NF); plantio direto (PD); plantio convencional (PC); e cultivo mínimo (CM).

O nabo forrageiro, por sua vez, quando cultivado sob o cultivo mínimo, produziu 5,40 Mg ha⁻¹ de matéria seca, superando significativamente as médias apresentadas no plantio convencional e plantio direto (Tabela 3). Piffer et al. (2010), utilizando nabo forrageiro IPR 116, observaram maiores quantidades de matéria seca nos sistemas de cultivo mínimo e plantio convencional em relação ao plantio direto, associando a menor matéria seca no plantio direto aos valores mais baixos na altura de plantas da espécie mensurados no mesmo experimento.

A matéria seca das plantas de cobertura apresentou diferenças ($p < 0,05$) em todos os cultivos estudados. No plantio direto, a aveia preta apresentou maior média (5,01 Mg ha⁻¹), em relação a ervilha forrageira e o nabo forrageiro. No plantio convencional, a aveia preta novamente produziu maior quantidade de matéria seca

(4,09 Mg ha⁻¹) que a ervilha forrageira, no entanto sem diferir do nabo forrageiro e da ervilhaca peluda. Já no cultivo mínimo, o nabo forrageiro produziu 5,40 Mg ha⁻¹ de matéria seca, média estatisticamente igual a aveia preta e superior a ervilhaca peluda e a ervilha forrageira. Echer et al. (2014) produziram quantidades de matéria seca semelhantes as maiores médias do presente experimento, no entanto, contrariando os resultados do presente estudo, não encontraram diferenças significativas entre o nabo forrageiro, aveia preta e a ervilhaca peluda.

Observa-se que a aveia preta em todos os sistemas de cultivo sempre se mostrou igual ou superior estatisticamente às demais espécies estudadas (Tabela 3), provavelmente pela sua fácil adaptação a condições adversas, o que a torna rústica. Além disso, é importante ressaltar que o corte da aveia preta ocorreu próximo do seu florescimento, diferente da ervilhaca peluda que ainda se encontrava em estágio vegetativo quando do seu corte, algo que pode explicar a maior produção de matéria seca da aveia. Esses dados são corroborados por Silva et al. (2006b), que colocam a aveia preta como a espécie de cobertura de inverno mais cultivada no sul do Brasil, atribuído ao alto rendimento de matéria seca, rapidez de formação de cobertura e sua rusticidade além da facilidade de aquisição de sementes e de implantação, decomposição lenta e ciclo adequado.

As plantas de cobertura mostraram diferenças significativas para o acúmulo de potássio na parte aérea. Em relação ao acúmulo de nitrogênio e fósforo, houve interação sistemas de cultivo x plantas de cobertura (Anexo IV).

Não se observa diferenças significativas no acúmulo de N das espécies cultivadas sob o cultivo mínimo. No plantio convencional a ervilhaca peluda, aveia preta e o nabo forrageiro não se diferiram entre si, no entanto foram superiores ao cultivo da ervilha forrageira. No plantio direto, por sua vez, a ervilhaca peluda e a aveia preta apresentaram médias superiores a ervilha forrageira e ao nabo forrageiro (Tabela 3).

As médias apresentadas para o acúmulo de nutrientes da aveia preta e ervilhaca peluda não se diferiram quando cultivadas nos diferentes cultivos. Tanto o nabo forrageiro quanto a ervilha forrageira, acumularam mais nitrogênio sob o cultivo mínimo, sendo que não se diferiram estatisticamente para o plantio convencional e plantio direto, respectivamente (Tabela 3).

Em um Latossolo Vermelho (Sorriso – MT), Pittelkow et. al (2012), mesmo cultivando em uma região e plantas com características diferentes (milheto,

crotalária, braquiária, sorgo e amaranto) desse estudo, não observaram diferenças significativas no acúmulo de nitrogênio nessas plantas de cobertura, para os mesmos três sistemas de cultivo estudados no presente estudo.

Resultados de acúmulo de nitrogênio em plantio direto foram encontrados por Aita; Giacomini (2003) no estado do RS, nas espécies de aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro, com quantidades de 49, 77 e 53 kg ha⁻¹, respectivamente. Silva et al. (2007), também no RS, encontraram 50, 68 e 87 kg ha⁻¹ de nitrogênio acumulado na aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro, respectivamente. Em ambos os casos os resultados são inferiores as médias encontradas nesse experimento, com exceção do nabo forrageiro que apresentou resultados parecidos no segundo caso.

Os acúmulos mais altos de nitrogênio encontrados foram observados nas espécies de aveia preta e ervilhaca peluda (Tabela 3). No caso da aveia preta está ligado a maiores quantidades de matéria seca, já a ervilhaca peluda ao bom teor de nitrogênio na parte aérea. Aita; Giacomini (2001) atribuem que boa parte do nitrogênio incorporado ao tecido vegetal para as leguminosas provem da fixação simbiótica do N₂ atmosférico. Assim, pode-se associar maior acúmulo de nitrogênio provindo de plantas de cobertura com espécies que possuam capacidade de fixar o N₂ atmosférico, e/ou, produzem altas quantidades de matéria seca.

O acúmulo de fósforo foi significativo para interação sistemas de cultivo x plantas de cobertura, no entanto, não se observa diferença no acúmulo de fósforo nas espécies cultivadas nos diferentes cultivos (Tabela 3).

Entre as espécies de plantas de cobertura, a ervilhaca peluda, apesar de produzir menor quantidade de massa seca em comparação com a aveia preta, apresentou o maior acúmulo de fósforo na parte aérea quando comparado com as demais espécies com 13; 12 e 16 kg ha⁻¹ no cultivo mínimo, plantio convencional e plantio direto respectivamente, porém não se diferenciou estatisticamente do nabo forrageiro em cultivo mínimo, e da aveia preta nos três cultivos.

Giacomini et al. (2003a) já haviam observado um caso parecido ao desse experimento, onde a ervilhaca, embora tenha produzido menor quantidade de massa seca do que a aveia, acumulou quantidades de fósforo iguais ou superiores às da gramínea.

Em experimento desenvolvido no município de Pato Branco - PR, Viola et al. (2013) encontraram, para ervilha forrageira, nabo forrageiro, tremoço e a ervilhaca

comum, acúmulos entre 13 e 20 kg ha⁻¹ de fósforo, valores superiores aos encontrados no presente experimento, isso pode ser explicado por maiores quantidades de massa seca encontradas nas espécies pelos autores. Já Wolschick (2014) encontrou 1,95; 3,68 e 1,05 kg ha⁻¹ de P acumulado na parte aérea da aveia, ervilhaca e do nabo forrageiro valores inferiores aos encontrados nesse estudo, o autor ainda faz uma observação, colocando de forma geral as plantas de cobertura do solo com baixa capacidade em acumular fósforo.

O acúmulo de potássio apresentou efeito significativo apenas para as plantas de cobertura. A aveia preta acumulou 97 kg ha⁻¹ de K, não se diferenciando estatisticamente da ervilhaca peluda com 92 Kg ha⁻¹ de K, no entanto essas espécies foram superiores a ervilha forrageira e ao nabo forrageiro que acumularam 11 e 35 Kg ha⁻¹ de K, respectivamente (Tabela 3).

Giacomini et al. (2013b), com objetivo de avaliar a liberação de K nos resíduos culturais, mostraram acúmulos de potássio na massa seca de 94, 74 e 89 Kg ha⁻¹ para a aveia preta, ervilhaca comum e nabo forrageiro, respectivamente. Os mesmos autores encontraram 10%, 15%, e 45% de potássio presente nos restos culturais da ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta respectivamente, após 15 dias das bolsas de decomposição em campo.

Para redução de doses de potássio na fase inicial da cultura sequente, o cultivo da aveia preta pode ser uma boa opção, pois ela retarda a liberação inicial do potássio do resíduo conforme estudado por Giacomini et al. (2003b) e consegue ter a maior média de potássio acumulado na matéria seca como pode ser observado no presente estudo.

4.2 FASE II - MILHO

4.2.1 Clorofila no milho

A análise de variância apresentada no anexo V demonstra que, para as variáveis clorofila A, B e TOTAL, houve efeito significativo na interação nitrogênio x plantas de cobertura; no entanto a variável clorofila total também apresentou efeito na interação sistemas de cultivo x plantas de cobertura.

Os teores de Clorofila A, B e TOTAL da folha do milho em função das plantas de cobertura antecedentes ao cultivo e com aplicação de 160 Kg ha⁻¹ e 0 Kg ha⁻¹ de

N estão apresentados na Tabela 4. Observa-se que sempre que foi utilizada adubação nitrogenada, independente da espécie de cobertura anterior, as folhas do milho apresentaram médias significativamente superiores de clorofila B e TOTAL, à quando não se usou adubação nitrogenada. Por sua vez, para clorofila A o cultivo anterior de ervilha forrageira e ervilhaca peluda eliminou o efeito da adubação nitrogenada no milho (Tabela 4)

Tabela 4 - Teor de clorofila da folha do milho, híbrido 30F53, em função do uso de plantas de cobertura, com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N) e com 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015

Plantas de cobertura	Clorofila A		Clorofila B		Clorofila Total	
	COM N	SEM N	COM N	SEM N	COM N	SEM N
AP	38,35 Aa	31,17 Bc	19,42 Aa	10,70 Bc	57,67 Aa	41,87 Bc
EF	38,84 Aa	36,40 Aa	20,57 Aa	16,09 Ba	59,41 Aa	52,49 Ba
EP	38,69 Aa	36,83 Aa	20,51 Aa	16,86 Ba	59,20 Aa	53,69 Ba
NF	38,17 Aa	33,65 Bb	19,58 Aa	12,94 Bb	57,75 Aa	46,59 Bb
CV(%)	4,00		9,14		5,45	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação (%).

Aveia preta (AP); ervilha forrageira (EF); ervilhaca peluda (EP); nabo forrageiro (NF).

Resultados semelhantes foram encontrados por Jordão et al. (2010) e Amaral Filho et al. (2005) onde o teor relativo de clorofila nas folhas de milho aumentou linearmente com aumento de doses de nitrogênio aplicado na cultura do milho. Andrade et al. (2003) colocam o nitrogênio como um constituinte essencial das proteínas interferindo diretamente no processo fotossintético, pela sua participação na molécula de clorofila.

Quando utilizado a adubação nitrogenada combinado com as diferentes espécies de cobertura, não se observou diferenças significativas para todos os teores de clorofila estudados. No entanto, sem o uso da adubação nitrogenada na cultura do milho, as espécies ervilha forrageira e ervilhaca peluda, não se diferenciaram entre si, porém foram superiores ao nabo forrageiro, para qualquer tipo de clorofila. O uso da aveia preta resultou em médias de clorofila nas folhas do milho inferiores significativamente ao comparar as demais plantas de cobertura antecedendo o milho com 0 Kg ha⁻¹.

Os baixos níveis de clorofila em folhas do milho encontrados após o cultivo de aveia preta em relação ao nabo forrageiro e ervilhaca comum, também foram

encontrados por Strieder et al. (2006), atribuindo tal resultado a baixa taxa de mineralização e de liberação de nitrogênio dos resíduos da aveia preta.

O efeito da interação sistemas de cultivo x plantas de cobertura, para clorofila TOTAL, está apresentado na Tabela 5. Para todas as espécies antecessoras a cultura do milho, quando analisadas nos três manejos de solo estudados, não se observam diferenças significativas. No entanto ao comparar o teor de clorofila TOTAL no milho em cada manejo, se observa que o cultivo mínimo e plantio direto apresentam diferenças significativas dependendo da espécie utilizada, diferente do plantio convencional que as espécies se comportaram de forma semelhante.

No plantio direto o uso da ervilhaca peluda foi superior significativamente a aveia preta, sendo que a ervilha forrageira e o nabo forrageiro não se diferiram de nenhuma das espécies, já no cultivo mínimo a ervilhaca peluda e ervilha forrageira foram significativamente superiores ao nabo forrageiro e a aveia preta (Tabela 5).

Tabela 5 - Teor de clorofila total da folha do milho, híbrido 30F53, em função do uso de plantas de cobertura e sistemas de cultivo do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2015

Plantas de Cobertura	Clorofila Total		
	PD	PC	CM
AP	50,47 A b	51,01 A a	47,99 A b
EF	56,48 A ab	55,35 A a	56,02 A a
EP	56,88 A a	55,08 A a	57,38 A a
NF	53,96 A ab	53,37 A a	49,19 A b
CV(%)**	5,45		

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação.

Aveia preta (AP); ervilha forrageira (EF); ervilhaca peluda (EP); nabo forrageiro (NF).

Plantio direto (PD); Plantio Convencional (PC); Cultivo mínimo (CM).

A ausência da resposta na clorofila TOTAL do milho após as plantas de cobertura no plantio convencional e os resultados mais altos encontrados no plantio direto e cultivo mínimo após ervilhaca peluda e ervilha forrageira, mostram que as plantas de cobertura com rápida decomposição (baixa relação C/N) e capacidade de fixar o N_2 atmosférico, têm seus resultados mais satisfatórios em sistemas com menor revolvimento do solo. Essa relação pode ser explicada porque ao realizar a escarificação o plantio convencional leva para as camadas mais profundas os restos culturais, ao contrário do cultivo mínimo e principalmente do plantio direto em que os

restos culturais ficam sobre o solo, disponibilizando os nutrientes na principal zona de absorção da cultura do milho.

4.2.2 Teores nutricionais das folhas de milho

Houve interação nitrogênio x plantas de cobertura para o teor de nitrogênio na folha do milho (Anexo V). Os teores de nitrogênio foliar do milho não apresentam significância ($p < 0,05$) entre as diferentes espécies de plantas de cobertura quando se fez o uso da adubação nitrogenada. No entanto, sem adubação nitrogenada as espécies EP e EF proporcionaram maiores teores de N na folha do milho, em comparação com as outras espécies de plantas de cobertura. O teor de N foliar no milho não diferiu significativamente com 0 kg ha^{-1} (SEM N) ou 160 kg ha^{-1} (COM N) de N em cobertura, quando o cultivo antecessor ao cereal foi a EP e o EF, diferente de quando cultivado após as espécies AP e NF que proporcionaram menores valores de N na folha do milho quando da ausência da adubação nitrogenada (Figura 2).

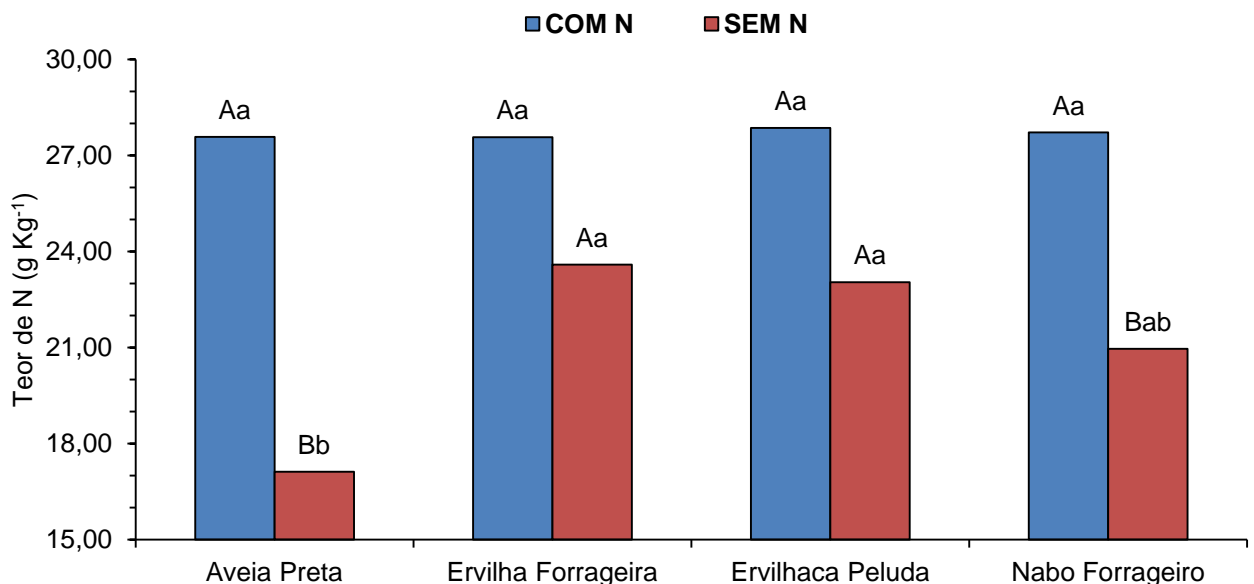


Figura 2 - Teor de nitrogênio em folhas de milho cultivado na sequência de diferentes plantas de cobertura, em função de duas adubações nitrogenadas, 160 Kg ha^{-1} de nitrogênio (COM N) e 0 Kg ha^{-1} de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula para cada planta de cobertura não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey, $p < 0,05$.

Médias seguidas da mesma letra minúscula para as plantas de cobertura COM N ou SEM N não diferem significativamente entre si pelo teste F.

A maior disponibilização de N, seja através da adubação química ou a partir do uso de espécies com a capacidade de fixação simbiótica do N seguida de menor imobilização de nutrientes, proporcionou maiores teores de nitrogênio foliar no tecido vegetal do milho.

O fornecimento de nitrogênio via adubação química, também testado por Aratani et al. (2006) usando na base 40 kg ha⁻¹ de N mais cobertura variando de 0 a 120 kg ha⁻¹ de nitrogênio, apresentou resposta linear para os teores de nitrogênio foliar. Os teores encontrados pelos autores foram 26,04 a 34,16 g kg⁻¹, resultados superiores aos do presente estudo.

Para Leal et al. (2013) nos casos em que o objetivo é melhorar a nutrição da cultura subsequente, a preferência deve ser dada a leguminosas como planta antecessora, que, além de proporcionarem produção de resíduo vegetal e ciclagem rápida de nutrientes, são capazes de fixar N₂ atmosférico. Tal afirmação desses autores, provavelmente seja reflexo dos resultados encontrados em experimento, onde o teor de nitrogênio foliar aumentou com doses crescentes de nitrogênio no milho cultivado sobre uma gramínea (milheto), mas em valor inferior aos obtidos quando a cultura de cobertura adotada foi uma leguminosa (crotalária).

Na Tabela 6 estão os teores de fósforo foliar na cultura do milho, com (160 Kg ha⁻¹ de N) e sem (0 Kg ha⁻¹ de N) nitrogênio, já que houve apenas efeito isolado da adubação nitrogenada (ANEXO V).

O milho adubado com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio proporcionou um teor de 2,92 g kg⁻¹ de P nas folhas de milho, superando estatisticamente o milho que não foi adubado (0 Kg ha⁻¹), que apresentou 2,67 g kg⁻¹ de P. Esses resultados são semelhantes com os encontrados por Sichoeki et al. (2014), que observaram resposta linear de teores de fósforo foliar, na medida que aumentou a adubação nitrogenada no milho safrinha.

Tabela 6 - Teor de fósforo em folhas de milho em função da adubação nitrogenada de 160 Kg ha⁻¹ (COM N) e 0 Kg ha⁻¹ (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015

Nutriente	COM N	SEM N
Fósforo (P)	2,92 a	2,67 b
CV(%)**	12,10	

Médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem significativamente entre si pelo teste F.

**Coeficiente de variação (%).

Os teores de potássio foliar em função das plantas de cobertura e sistemas de cultivo do solo são representados nas tabelas 7 e 8, respectivamente. Segundo Costa et al. (2009) o sistema de cultivo e a adubação potássica podem influenciar a distribuição de potássio e de raízes no solo, a absorção desse nutriente e o crescimento do milho.

As folhas do milho apresentaram maiores teores de potássio, quando este foi cultivado após nabo forrageiro, sendo superior aos valores observados após aveia preta e ervilhaca peluda; já o uso da ervilha forrageira não diferiu de nenhuma das espécies de cobertura. Segundo Rossato (2004) o nabo forrageiro possui elevado potencial de ciclagens de nutrientes em especial o K, devido sua alta capacidade de produção de massa seca e sua precocidade para cultivos seguintes, fatores importantes que podem explicar os resultados encontrados nesse estudo.

Tabela 7 - Teor de potássio em folhas de milho em função do uso de plantas de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015

Nutriente	AP	EF	EP	NF
Potássio (K)	15,23 b	16,04 ab	14,90 b	17,76 a
CV (%)**	17,69			

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação (%).

Aveia preta (AP); ervilha forrageira (EF); ervilhaca peluda (EP); nabo forrageiro (NF).

O teor de potássio foliar na cultura do milho em plantio direto foi superior significativamente ao do milho em cultivo mínimo. A planta de milho sob o plantio convencional não apresentou diferenças significativas em teores de potássio foliar em relação aos outros dois cultivos (Tabela 8).

Tabela 8 - Teor de potássio em folhas de milho em função de três cultivos do solo. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015

Nutriente	CM	PC	PD
Potássio (K)	15,20b	15,55ab	17,20 a
CV (%)**	17,69		

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

**Coeficiente de variação (%).

Plantio direto (PD); Plantio Convencional (PC) e Cultivo mínimo (CM).

O sistema plantio direto provavelmente proporcionou melhores condições para o milho absorver o potássio, em função da maior concentração do nutriente nas

camadas mais superficiais do solo. Segundo Coelho; França (1995) a maior concentração do potássio próximo às raízes favorece maior desenvolvimento inicial das plantas de milho, fase em que absorção desse elemento é mais intensa. Costa et al. (2009) encontraram gradientes de concentração de potássio no solo diferenciados em relação ao manejo, sendo maior na superfície em plantio direto e aumentando em profundidade no sistema plantio convencional. Os mesmos autores também concluíram que as raízes de milho se concentraram na camada superficial do solo, com maior crescimento em plantio direto.

4.2.3 Componentes de rendimento do milho

A análise de variância dos componentes de rendimento comprimento de espiga, diâmetro de espiga, massa de mil grãos, número de fileiras na espiga, número de grãos na fileira e produtividade está no anexo VI. Observou-se efeito significativo para interação nitrogênio x plantas de cobertura para todas as variáveis, com exceção da massa de mil grãos, que houve efeito somente para o uso ou não do nitrogênio. Não foi observada interação para cultivo nas variáveis em questão.

O milho adubado com 160 Kg ha⁻¹ (COM N) de nitrogênio e cultivado sobre a aveia preta e o nabo forrageiro, demonstrou maiores médias para as variáveis comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras na espiga e número de grãos na fileira, diferenciando significativamente do milho sem adubação nitrogenada (SEM N), com exceção dos resultados do número de fileiras por espigas do milho cultivados sobre o nabo forrageiro, que não apresenta médias diferentes significativamente (Tabela 9).

Porém ao observar o efeito das duas leguminosas estudadas (ervilhaca peluda e ervilha forrageira) combinado com o não uso da adubação nitrogenada (0 Kg ha⁻¹ nitrogênio) no milho, apesar de apresentarem médias inferiores nos componentes de rendimento (comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras na espiga e número de grãos na fileira) em relação ao milho cultivado após as leguminosas e adubado com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio, não apresentou interferência significativa à adubação nitrogenada. Salvo ao caso do uso da ervilha forrageira como planta de cobertura mais adubação nitrogenada no milho que respondeu significativamente para a variável diâmetro de espiga.

Em estudo, Acosta et al. (2014) consideraram que a decomposição e a

liberação de N foram reguladas pela relação C/N da fitomassa das plantas de cobertura, seguindo a ordem: ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta. Os autores ainda encontraram, para decomposição da metade dos resíduos das mesmas espécies, tempo de 1,6, 3,5 e 5,5 meses, respectivamente. Coelho (2006) se refere à absorção de N pelo milho maior que 70% de sua necessidade total no período que vai dos 40 dias após a semeadura até o florescimento masculino, além de que o aporte significativo de N nessa fase proporciona um maior índice de área foliar e maior número de grãos por espiga, culminando na manifestação do potencial genético da planta.

Aliando as considerações dos autores acima, pode-se explicar o melhor desempenho dos componentes de rendimento apresentados na tabela 9, uma vez que provavelmente os melhores manejos químicos e/ou culturais disponibilizaram N em períodos de maior necessidade da cultura do milho.

Tabela 9 - Comprimento de espiga (CE), Diâmetro de espiga (DE), número de fileiras na espiga (NFE) e número de grãos por fileira na espiga (NGF) de plantas de milho, híbrido 30F53, com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N) e com 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N), e em função do uso de plantas de cobertura. UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015

	CE		DE		NFE		NGF	
	COM N	SEM N	COM N	SEM N	COM N	SEM N	COM N	SEM N
	-----cm-----		-----mm-----					
AP	15,8Aa	12,6Bb	48,0Aa	43,7Bb	15,7Aa	14,8Bb	32,9Aa	25,1Bb
EF	15,9Aa	14,8Aa	49,2Aa	46,0Bab	15,8Aa	15,2Aab	33,5Aa	31,5Aa
EP	16,1Aa	15,3Aa	47,4Aa	46,9Aa	15,8Aa	15,6Aa	33,5Aa	32,0Aa
NF	15,9Aa	14,0Ba	49,0Aa	45,7Bb	15,4Aa	15,4Aa	34,1Aa	29,7Ba
CV**	7,12		4,33		2,91		8,38	

Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, p < 0,05.

** Coeficiente de variação (%).

Aveia preta (AP); ervilha forrageira (EF); ervilhaca peluda (EP); nabo forrageiro (NF).

A massa de mil grãos do milho não se diferenciou aos diferentes sistemas de cultivo do solo e as diferentes espécies de plantas de cobertura (anexo VI), no entanto o milho adubado com nitrogênio apresentou média de 129,47 g, superior significativamente a 117,48 g do milho na ausência da adubação nitrogenada (SEM N) (Figura 3).

A adubação COM N nesse experimento proporcionou melhor desenvolvimento, comprovados por melhores teores de clorofila (Tabela 4), nitrogênio foliar no milho (Figura 2) e fósforo foliar no milho (Tabela 6). Assim sendo,

possibilitou maiores translocações de nutrientes no processo de enchimento de grãos. Dourado Neto et al. (2004) atribuíram o aumento da massa de mil grãos, com doses mais elevadas de nutrientes, por propiciar maior tempo de atividade fotossintética, conseqüentemente resultando em maiores acúmulos de reservas nos grãos.

Corroborando com os resultados de massa de mil grãos encontrados nesse experimento Cruz et al. (2008), comparando a dose de 120 kg ha⁻¹ de N em quatro arranjos de parcelamento e uma testemunha com 0 kg ha⁻¹, encontraram resultados em que os tratamentos que receberam adubação nitrogenada não diferiram entre si, no entanto foram superiores significativamente à testemunha estudada.

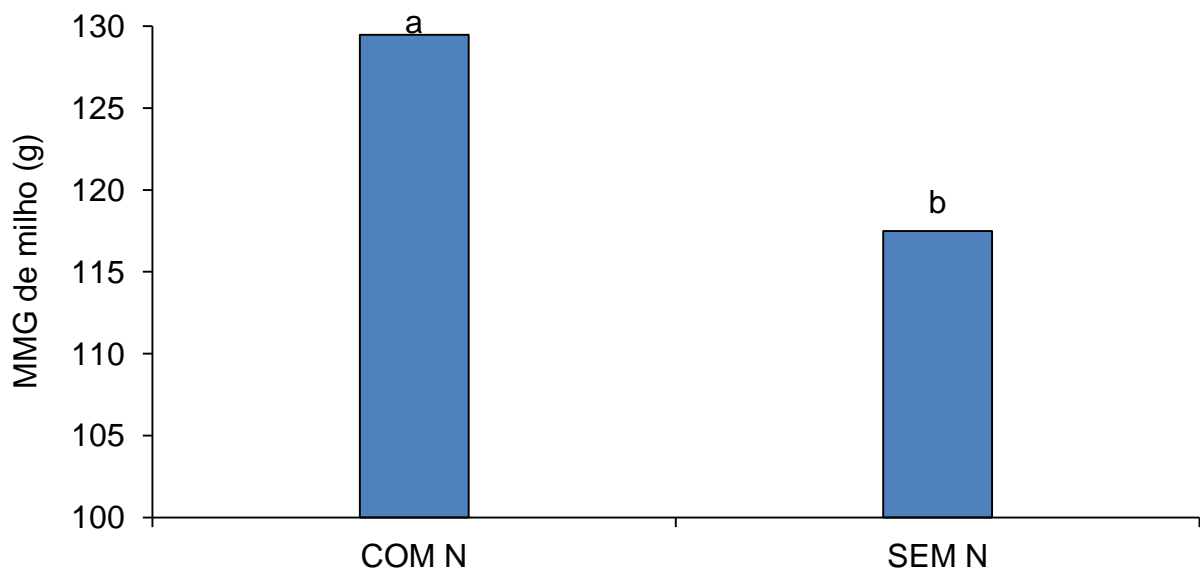


Figura 3 - Massa de mil grãos de milho (g), em função do uso de 0 e 160 kg ha⁻¹ de N (SEM N e COM N, respectivamente). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.

Médias seguidas da mesma letra não diferem significativamente entre si pelo teste F.

4.2.4 Produtividade do milho

Quando se fez uso da adubação nitrogenada (COM N), a produtividade do milho não foi afetada pela espécie anterior, obtendo-se valores de 11,93; 11,45; 12,42 e 11,35 Mg ha⁻¹, respectivamente, quando as espécies antecessora ao milho foram aveia preta, ervilha forrageira, ervilhaca peluda e nabo forrageiro (Figura 4).

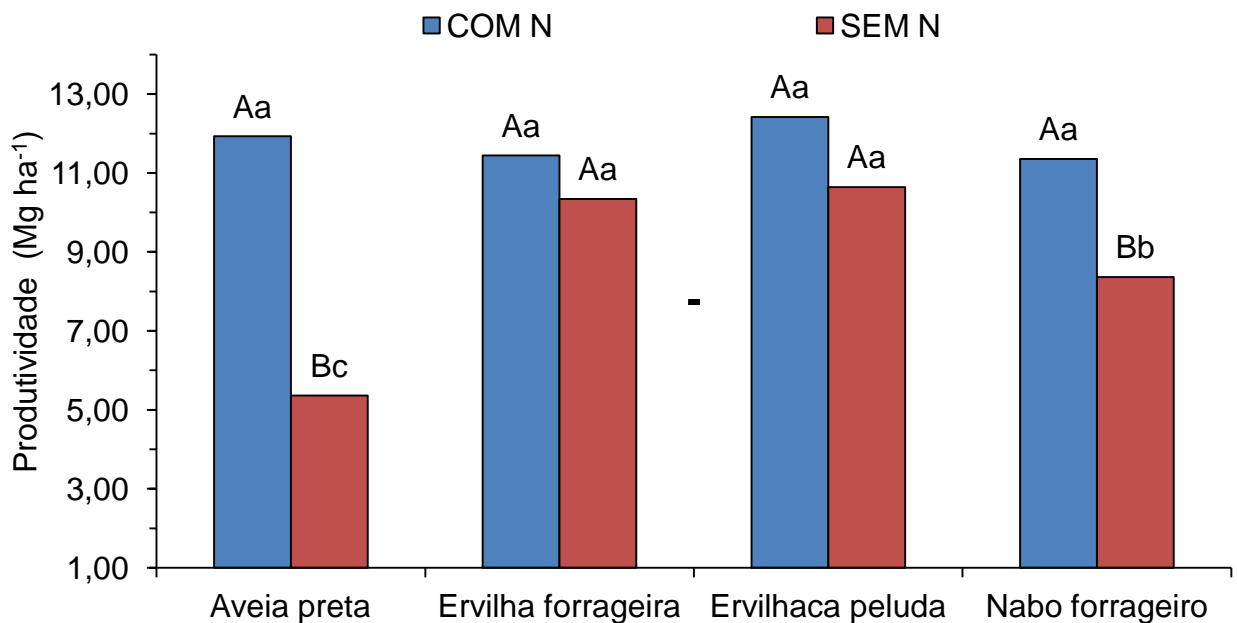


Figura 4 Produtividade do milho (Mg ha⁻¹) em função do uso de plantas antecessoras de cobertura, com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N) e 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N). UTFPR, Câmpus Pato Branco, safra 2014/2015.

Médias seguidas da mesma letra maiúscula para cada planta de cobertura não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

Médias seguidas da mesma letra minúscula para as plantas de cobertura COM N ou SEM N não diferem significativamente entre si pelo teste de tukey, $p < 0,05$.

No entanto, as médias de produtividade do milho com 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (SEM N) apresentam diferenças significativas dependendo da planta de cobertura utilizada como antecessora ao cultivo do milho. As maiores produtividades do milho SEM N foram de 10,65 e 10,34 Mg ha⁻¹ após o cultivo das leguminosas ervilhaca peluda e ervilha forrageira, respectivamente, não se diferenciando significativamente entre si, no entanto, foram estatisticamente superiores de que quando utilizado como planta de cobertura o nabo forrageiro, que proporcionou ao milho 8,36 Mg ha⁻¹ de produtividade. Já o milho cultivado após aveia preta sem adubação nitrogenada (SEM N) produziu apenas 5,36 Mg ha⁻¹, a menor produtividade encontrada e por consequência diferenciando significativamente das demais espécies estudadas quando o milho não foi adubado com nitrogênio (Figura 4).

Silva et al. (2007), testando plantas de cobertura de forma isolada ou consorciadas, encontrou produtividade média de 4,0 Mg ha⁻¹ de milho com 0 Kg ha⁻¹ de nitrogênio após a aveia preta e 14,4 Mg ha⁻¹ de milho adubado com 150 Kg ha⁻¹ de nitrogênio na sucessão a ervilhaca comum. Essas produtividades foram

semelhantes as encontradas no presente trabalho, sendo os dois extremos de produtividade.

Ao analisar o efeito das plantas de cobertura, individualmente, na produtividade do milho adubado ou não com nitrogênio, verifica-se, para as leguminosas ervilha forrageira e ervilhaca peluda, que apesar de apresentar menores produtividades no milho na ausência da adubação nitrogenada (SEM N) na ordem de 1,11 e 1,77 Mg ha⁻¹ respectivamente, não apresenta diferenças significativas entre a produtividade do milho quando feito o uso de 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio (COM N). Já o milho COM N sucedendo as espécies nabo forrageiro e aveia preta demonstrou incrementos significativos de 2,99 e 6,57 Mg ha⁻¹ na produtividade, respectivamente, em relação a quando não usou adubação nitrogenada.

Resultados semelhantes foram encontrados por Bortolini et al. (2000) onde a adubação nitrogenada aumentou a produtividade de grãos de milho, quando cultivado em sucessão à aveia, seja em cultivo isolado, seja consorciado com ervilhaca. No entanto, quando o milho foi cultivado somente em sucessão à ervilhaca, não houve resposta da produtividade de grãos à adubação nitrogenada aplicada no milho.

A possível causa da produtividade do milho adubado com nitrogênio não apresentar diferenças significativas para o milho sem adubação nitrogenada, na sucessão das leguminosas ervilha forrageira e ervilhaca peluda é resultado da capacidade dessas plantas de acumularem o N₂ atmosférico e por possuírem um teor de lignina baixo facilitando sua decomposição e liberação dos nutrientes.

O nabo forrageiro possui uma relação C/N mais alta que as leguminosas, conseqüentemente liberou os nutrientes de forma mais lenta, assim a adubação nitrogenada realizada nesse experimento se sobressaiu a ausência da mesma.

Já os resultados superiores encontrados com a aveia preta sendo planta de cobertura na produtividade do milho adubado com 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio em relação a não utilização da adubação, justifica-se pela alta imobilização do nitrogênio para decompor essa espécie (alta relação C/N), assim além de lenta disponibilização dos nutrientes usa-se o nitrogênio disponível no solo com forma de energia para a decomposição da massa seca. Aita; Giacomini (2003a) corroboram com essa discussão mostrando que após um mês com as bolsas de decomposição no campo,

encontraram a presença de 57%, 75% e 81% de massa seca inicial colocada no solo das espécies ervilhaca, nabo forrageiro e aveia preta, respectivamente.

5 CONCLUSÕES

Dentre as espécies de cobertura estudadas a aveia preta cobriu o solo mais rapidamente e produziu mais massa seca, no entanto a ervilhaca peluda acumulou mais nitrogênio na parte aérea.

Os teores de Clorofila A, B e TOTAL e o teor de nitrogênio foliar no milho foram maiores quando o milho foi adubado com nitrogênio, independente da espécie de planta de cobertura. Na ausência da adubação nitrogenada, o teor foliar de nitrogênio e a Clorofila foi maior onde o milho foi semeado sobre a ervilha forrageira e ervilhaca peluda.

O milho semeado após a ervilhaca peluda não respondeu a adubação com 160 Kg de N ha⁻¹, para os componentes de rendimento: comprimento de espiga, diâmetro de espiga, número de fileiras na espiga, número de grãos na fileira da espiga e massa de mil grãos.

A produtividade do milho, apesar de apresentar médias superiores na presença da adubação de 160 Kg ha⁻¹ de nitrogênio em V4 no milho, não se diferenciou significativamente quando utilizado as leguminosas ervilha forrageira e ervilhaca peluda como plantas de cobertura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de cultivo do solo não apresentam diferenças para os componentes de rendimento e produtividade do milho, ressaltando que esse estudo é resultado da safra do quarto ano agrícola com esses sistemas de cultivo implantados. Outro ponto a ser considerado é que a importância dos sistemas de cultivo não se resume exclusivamente a resultados produtivos das culturas, mas também, a uma maneira de melhorar as condições físicas, químicas e microbiológicas dos solos, resultando em sistemas otimizadores de insumos e principalmente conservacionistas.

O uso de plantas de cobertura apresenta uma boa alternativa para a melhoria das condições dos cultivos seguintes, no entanto, a dificuldade de obtenção de sementes dessas espécies e a constante busca por culturas que proporcionem rendimentos econômicos diretos, são gargalos que limitam uma exploração mais efetiva das plantas de cobertura.

A adubação nitrogenada é de suma importância para altos rendimentos do milho, nesse sentido, vale ressaltar a capacidade das leguminosas: ervilha forrageira e ervilhaca peluda, em fixar o nitrogênio atmosférico e disponibilizá-lo a cultura seguinte podendo diminuir a necessidade de adubação química desse elemento.

Ao redigir a presente dissertação, observa-se que as espécies de cobertura estudadas apresentam diferentes características benéficas, essa gama de características é usada por alguns autores na forma de consórcio das espécies, mesclando assim as diferentes características desejáveis de cada espécie. Outro assunto importante abordado em diversos trabalhos é a inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio tanto na cultura do milho quanto nas plantas de cobertura.

É importante a continuidade do presente experimento, para que com o passar do tempo se obtenha respostas mais concisas quanto à interferência dos sistemas de cultivo na produtividade das culturas e acima de tudo aos efeitos no solo e no ambiente. Também seria interessante implantar um sistema de análise econômica dos sistemas de produção propostos, para disponibilizar dados, e assim podendo aumentar a discussão da viabilidade desses sistemas de cultivos, bem como do uso de plantas de cobertura e da adubação nitrogenada.

Como sugestão de novos experimentos, os consórcios entre plantas de

cobertura e/ou o uso de inoculação de sementes com bactérias fixadoras de nitrogênio em cenários com diferentes sistemas de cultivo se tornam assuntos pertinentes e somando maiores conhecimentos dos assuntos abordados nessa dissertação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACOSTA, J. A. A.; AMADO, T. J. C.; SILVA, L. S.; SANTI, A.; WEBER, M. A. Decomposição da fitomassa de plantas de cobertura e liberação de nitrogênio em função da quantidade de resíduos aportada ao solo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.44, n.5 p. 801-809, Santa Maria 2014.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Plantas de cobertura de solo como fonte de nitrogênio ao milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p 157 – 165. 2001.

AITA, C.; GIACOMINI, S. 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

ALENCAR, J. A.; DIAS, R. C. S. Pragas. In: SISTEMA de produção de melancia. Petrolina: Embrapa Semiárido. Versão eletrônica. Ago, 2010. (Embrapa Semi- Árido. Sistemas de Produção, 6). Acesso em: 16 nov. 2015. Disponível em: Sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Melancia/SistemaProducaoMelancia/pragas.

AMADO, T.J.C. Disponibilidade de nitrogênio para o milho em sistemas de cultura e preparo do solo. **(Tese de Doutorado)** 201 f. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre – RS, 1997.

AMARAL FILHO, J. P. R.; FORNASIERI FILHO, D.; FARINELLI, R.; BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 29, p. 467-473, 2005.

ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; QUEIROZ, D. S.; SALGADO, L. T.; CECON, P. R.. Adubação nitrogenada e potássica em capim-elefante (*Pennisetumpurpureum* Schum. Cv. Napier). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, Edição Especial, p. 1643-1651, 2003.

ARATANI, R. G.; FERNANDES, F. M.; MELLO, L. M. M.. Adubação nitrogenada de cobertura na cultura do milho irrigado, em sistema plantio direto. *Revista científica eletrônica de agronomia*. Ano V, nº 9, 2006. Acesso em 15/12/2015. Disponível em: http://faef.revista.inf.br/imagens_arquivos/arquivos_destaque/nrhXgGgM8NAeHAM_2013-5-1-11-26-45.pdf.

ARAÚJO, L. A. N.; FERREIRA, M. E. ; CRUZ, M. C. P. Adubação nitrogenada na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.771-777, ago. 2004.

ARGENTA, G. et al. Adubação nitrogenada em milho pelo monitoramento do nível de nitrogênio na planta por meio do clorofilômetro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.1, p.109-119, 2003.

BAYER, C.; SPAGNOLLO, E. ; WILDNER, L. P.; ERNANI, P. R.; ALBURQUEQUE, J. A. Incremento de carbono e nitrogênio num latossolo pelo uso de plantas estivais para Cobertura do solo. **Ciência Rural**, v. 33, n. 3, p.469-475, 2003.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J.; LOVATO, T. Potencial de acúmulo de matéria orgânica no solo em sistemas conservacionistas de manejo na região sul do Brasil. **In: II Simpósio Rotação Soja/Milho no Plantio Direto**, 2001, Piracicaba. II Simpósio Rotação Soja/Milho no Plantio Direto, v. 1. p. 1-25. 2001.

BERTOL, I. ; BEUTLER, J. F.; LEITE, D. ; BATISTELA, O. Propriedades físicas de um cambissolo húmico afetadas pelo tipo de manejo do solo. **Scientia Agricola**, v.58, n.3, p.555-560, 2001.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.. Sistemas consorciados de aveia preta e ervilhaca comum como cobertura de solo e seus efeitos na cultura do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 897-903, 2000.

BORTOLINI, C. G.; SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; FORSTHOFER, E. L. Rendimento de grãos de

milho cultivado após aveia-preta em resposta a adubação nitrogenada e regime hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 36, n. 9, p. 1101-1106, 2001.

BREDEMEIER, C. & MUNDSTOCK, C.M. Regulação da absorção e assimilação do nitrogênio nas plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 30, n. 2, p. 365-372, 2000.

CALEGARI, A.; POLA, J. N. Ervilha forrageira IAPAR 83. Londrina: **Instituto Agrônomo do Paraná**, 5P. 1 Folder, 2009.

CANTARELLA, H. Nitrogênio. In: NOVAIS, R. F. et al. (Eds). *Fertilidade do Solo*. . p. 375 – 470. Viçosa-MG: **Editora UFV**, 2007.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; Manejo da Fertilidade do Solo para a Cultura do Milho. In: GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. (Eds). **Tecnologia de Produção do Milho**. . p. 139-182. Viçosa-MG: Editora UFV, 2004

CARVALHO, M. A. F.; SILVEIRA, P. M.; SANTOS, A. B. Utilização do Clorofilômetro para Racionalização da Adubação Nitrogenada nas Culturas do Arroz e do Feijoeiro. Comunicado técnico 205. **EMBRAPA**. Santo Antônio do Goiás – GO. Abril, 2012.

CERETTA, C. A.; BASSO, C. J.; FLECHA, A. M. T.; PAVINATO, P. S.; VIEIRA, F. C. B.; MAI, M. E. M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista brasileira ciência do Solo**, v.26, p.163-171, 2002.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. Seja o doutor do seu milho: Nutrição e adubação. 2 ed. **Arquivo do Agrônomo**, Piracicaba, n. 2, set. 1995.

COELHO, A. M.; Manejo da adubação nitrogenada na culturado milho. Sete Lagoas, MG: **EMBRAPA-CNPMS**, 2007.11P. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 96).

COELHO, A. M; Nutrição e Adubação do Milho. Sete Lagoas, MG: **EMBRAPA-CNPMS**, 2006. 10P. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 78).

CONAB 2015 a. Acompanhamento de mercado e desenvolvimento das culturas de feijão, milho, soja, trigo e mandioca no estado do paraná posição: 28/09/2015. Acesso: 12/11/2015. Disponível em: http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_10_01_14_29_33_2015_09_28.pdf

CONAB 2015 b. Acompanhamento safra brasileira de grãos. V 2 - Safra 2014/15, n. 09 - Nono Levantamento. ISSN 2318-6852. **Brasília**, p. 1-104, jun. 2015.

COSTA, F. S.; BAYER, C.; ALBUQUERQUE, J. A.; FONTOURA, S. M. V. Aumento de matéria orgânica num latossolo bruno em plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.2, p.587-589, 2004.

COSTA, S. E. V. G. A.; SOUZA, E. D.; ANGHINONI, I.; FLORES, J. P. C.; ANDRIGUETTI, M. H.. Distribuição de potássio e de raízes no solo e crescimento de milho em sistemas de manejo do solo e da adubação em longo prazo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1291-1301, 2009.

CRUSCIOL, C. A. C.; COTTICA, R. L.; LIMA, E. V.; ANDREOTTI, M.; MORO, E.; MARCON, E. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.2, p.161-168, 2005.

CRUZ, C. S.; PEREIRA, F. R. S.; SANTOS, J. R.; ALBUQUERQUE, A. W.; SILVA, T. Parcelamento da adubação nitrogenada na cultura do milho irrigado em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.12, n.4, p.370–375, 2008.

CRUZ, J. C.; FILHO, I. A. P.; ALVARENGA, R. C.; NETO, M. M. G.; VIANA, J. H. M.; OLIVEIRA, M. F.; SANTANA, D. P.; Manejo da cultura do Milho. ISSN 1679-1150. **Sete Lagoas – MG**, dezembro, 2006. 12 p. (circular técnica 87).

DONEDA, A.; AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; MIOLA, E. C. C.; GIACOMINI, D. A.; SCHIRMANN, J.; GONZATTO, R. Fitomassa e decomposição de resíduos de plantas de cobertura puras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 6, 2012.

DONEDA, A. Plantas de cobertura de solo consorciadas e em cultivo solteiro: decomposição e fornecimento de nitrogênio ao milho. **Dissertação (mestrado)** 79 f.– Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós -Graduação em Ciência do Solo, 2010.

DOURADO NETO, D.; FAVARIN, J. L.; MANFRON, P. A.; PILAU, F. A.; SOARES, M. A.; BONNECARRERE, R. A. G.; OHSE, S. Efeito de boro e nitrogênio na cultura do milho. **Insula**, v1, p.51-67, 2004.

ECHER, M. M.; DALASTRA, G. M.; HACHMANN, T. L.; FIAMETTI, M. S.; GUIMARÃES, V. F.; OLIVEIRA P. S. R. Características produtivas e qualitativas de mini abóbora em dois sistemas de cultivo. **Horticultura Brasileira**, v. 32, p. 286-291, 2014.

EMBRAPA. Ervilha BRS forrageira - uma nova alternativa para cobertura de solo. Acesso:24/07/2014 Disponível em:EMBRAPA. Tecnologias de produção de soja – região central do Brasil. **Sistemas de Produção / Embrapa Soja**, ISSN 1677-8499; n.4. 237 p. Londrina: Embrapa Soja, 2003.

FACHIN, G. M. Características agrônômicas de seis cultivares de amendoim em sistema convencional e de semeadura direta sobre palhada de aveia. **Dissertação (mestrado)** 56 f.– Universidade Estadual do Oeste do Paraná – Curso de Pós Graduação em Agronomia, Marechal Candido Rondon – PR, 2013.

FAVERSANI, J. C.; CASSOL, L. C.; PIVA, J. T.; MINATO, E. A.; ROCHA, K, F. Taxa de cobertura do solo com plantas submetidas a diferentes sistemas de preparo. **Synergismus Scientifica**, UTFPR-PATO BRANCO. V, 9. 2014.

FILHO, A. G.; PESSOA, A. C. S.; STROHHAECKER, L.;HELMICH, J. J. Preparo convencional e cultivo mínimo do solo na cultura de mandioca em condições de adubação verde com ervilhaca e aveia preta. **Ciência Rural**, Santa Maria-RS, v.30, n.6, p.953-957, 2000.

FONTOURA, S. M. V. & BAYER, C. Adubação nitrogenada para alto rendimento de milho em plantio direto na região centro-sul do Paraná. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p.1721-1732, 2009.

FORMENTINI, E. A. Cartilha sobre adubação verde e compostagem. **INCAPER**, Vitória-ES, 2008.

FREITAS, D. A. F.; SILVA, M. L. N.; AVANZI, J. C. Qualidade do solo em áreas de plantio convencional sob latossolos do cerrado. In: **XXXIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo** – Resumo Expandido – Uberlândia – MG, 2010.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; VENDRUSCOLO, E. R. O.; CUBILLA, M.; NICOLOSO, R. S.; FRIES, M. R. Matéria seca, relação c/n e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura de solo. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 27, p 325-334. 2003a.

GIACOMINI, S. J; AITA, C.; HUBNER, A. P.; LUNKES, A.; GUIDINI, E.; AMARAL, E. B. Liberação de fósforo e potássio durante a decomposição de resíduos culturais em plantio direto. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.38, n.9, p.1097-1104, 2003b.

GIACOMINI, S. J; AITA, C; CHIAPINOTTO, I. C; HÜBNER, A.P; MARQUES, M.G; CADORE, F. Consorciação de plantas de cobertura antecedendo o milho em plantio direto. II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.28, p.751-762, 2004.

GOMES, A.S. et al. O que rende a cobertura morta. **A Granja**, Porto Alegre, n. 588, p. 47-49. 1997.

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

HERNANI & SALTON. Conceitos. In: Sistema plantio direto - o produtor pergunta, a Embrapa responde. Dourados: Embrapa-CPAO, 1998. p. 16-20. (Coleção 500 perguntas 500 Respostas). <http://www.cnph.embrapa.br/cultivares/ervilha4.htm>. Brasília, novembro/2002.

IAPAR. Sugestão de adubação e calagem para culturas de interesse econômico no Estado do Paraná / coordenação Edson Lima de Oliveira. 30 p. (IAPAR. Circular, n° 128). ISSN 0100-3356. - Londrina: IAPAR, 2003.

Itaipu. Plantio Direto – A tecnologia que revolucionou a agricultura brasileira. 1ª edição. 144. **Foz do Iguaçu: Parque Itaipu**, 2015.

JORDÃO, L. T.; LIMA, F. F.; LIMA, R. S.; MORETTI, A. E.; PEREIRA, H. V.; MUNIZ, A. S.; OLIVEIRA, M. C. N. Teor relativo de clorofila em folhas de milho inoculado com *Azospirillum braziliense* sob diferentes doses de nitrogênio e manejo com braquiária. In: **FertBio**, Guarapari – ES, setembro de 2010. Fontes de nutrientes e produção agrícola: modelando o futuro: Anais...Viçosa: SBCS. P4.

KAPPES, C.; CARVALHO, M. A. de C.; YAMASHITA, O. M.; SILVA, J. A. N. Influência do nitrogênio no desempenho produtivo do milho cultivado na segunda safra em sucessão à soja. ISSN 1517-6398 – **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 39, n. 3, p. 251-259, 2009.

KAPPES, C; ARF, O; DAL BEM, E. A; PROTUGAL, J. R; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.2, p. 201-217, 2014.

LÁZARO, R. L.; COSTA, A. C. T.; SILVA, K. F.; SARTO, M. V. M.; DUARTE JUNIOR, J. B. Produtividade de milho cultivado em sucessão à adubação verde. ISSN 1983-4063. **Pesquisa Agropecuária Tropical**. Goiânia, v. 43, n. 1, p. 10-17, 2013.

LEAL, A. J. F.; LAZARINI, E.; RODRIGUES, L. R.; MARCANDALLI, L. H. Adubação nitrogenada para milho com o uso de plantas de cobertura e modos de aplicação de calcário. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.37, p. 496-501, 2013.

MACHADO, A.T.; SODEK, L.; DÖBEREINER, J.; REIS, V.M. Efeito da adubação nitrogenada e da inoculação com bactérias diazotróficas no comportamento bioquímico da cultivar de milho Nitroflint. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.33, p.961-970, 1998.

MAGALHÃES, C. A. S.; ALBERNAZ, W.M.; LIMA, J.M. Avaliação de dois métodos de mensuração da cobertura vegetal em ares de pastagem. In: **Reunião Brasileira de Manejo e Conservação do Solo e da Água**, 15., 2004, Santa Maria. Manejo integrado a ciência do solo na produção de alimentos. Resumos expandidos... Santa Maria: UFSM, 2004.

MAGALHÃES, P. C.; DURÃES, F. O. M.; CARNEIRO, N. P.; PAIVA, E. Fisiologia do milho. Sete Lagoas: **EMBRAPA-CNPMS**, 2002. 23 p. (EMBRAPA-CNPMS. Circular Técnica, 22).

MANTOVANI, E. C. Cultivo do Milho - Equipamentos para o manejo do solo. **Circular técnica 52. EMBRAPA**. Sete Lagoas-MG. ISSN 1679-0162. Dezembro 2002.

MAPA 2015 - Projeções do agronegócio. Brasil 2014/2015 a 2024 a 2025 – Projeções de longo prazo. **Ministério da agricultura pecuária e abastecimento**. 6ª edição. Julho/2015. Brasília DF.

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

MEIRA, F. A.; BUZZETTI, S.; ANDREOTTI, M.; ARF, O.; SÁ, M. E.; ANDRADE, J. A. C. Fontes e épocas de aplicação do nitrogênio na cultura do milho irrigado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 30, n. 2, p. 275-284, 2009.

MELGAREJO, M. A.; BERTÉ, L. N.; ROSSOL, C. D.; CASTABNARA, D. D.; BULEGON, L. G.; OLIVEIRA, S. R. Produção de massa seca e acúmulo de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno. **Cadernos de Agroecologia**, v. 6, n. 2, 2011.

MINOLTA CAMERA Co., Ltda. Manual for chlorophyll meter SPAD 502. Osaka : **Minolta, Radiometric Instruments divisions**. 1989. 22p.

NICOLOSO, R. S.; AMADO, T. J. C.; SCHNEIDER, S.; LANZANOVA, M. E.; GIRARDELLO, V. C.; BRAGAGNOLO, J. Eficiência da escarificação mecânica e biológica na melhoria dos atributos físicos de um latossolo muito argiloso e no incremento do rendimento de soja. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 32, p.1723-1734, 2008.

OKUMURA, R. S.; MARIANO, D. C.; ZACCHEO, P. V. C. Uso de fertilizante nitrogenado na cultura do milho: uma revisão. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, Guarapuava-PR, v.4, n.2, p.226–244, 2011.

PEIXOTO, C. de. M. O milho: o rei dos cereais – da sua descoberta há 8.000 anos até as plantas transgênicas. **Seed News (arquivo online)**, mar/abr 2002. Disponível em: <http://www.seednews.inf.br/portugues/seed62/milho62.shtml>. Acesso em: 21 de julho de 2014.

PIFFER, C. R.; BENEZ, S. H.; BERTOLINI, E.V. Comportamento de nabo forrageiro (*Raphanus sativus* L.) E nabiça (*Raphanus raphanistrum* L.) Em diferentes sistemas de manejo do solo. **Varia Scientia Agrárias**, v.1, n.2, p 33-47, 2010.

PITTEKOW, F. K.; SCARAMUZZA, J. F.; WEBER, O. L. S.; MARASCHINI, L.; VALADÃO, F. C. A.; OLIVEIRA, E. S. Produção de biomassa e acúmulo de nutrientes em plantas de cobertura sob diferentes sistemas de preparo do solo. **Revista Agrarian**, DOURADOS-MS. v.5, n.17, p.212-222, 2012.

RAMBO, L.; DA SILVA, P. R. F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L. Parâmetros de planta para aprimorar o manejo da adubação nitrogenada de cobertura em milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.34, n.5, p.1637-1645, 2004

REIS, A. R.; FURLANI JUNIOR, E.; BUZETTI, S.; ANDREOTTI, M. Diagnóstico da exigência do cafeeiro em nitrogênio pela utilização do medidor portátil de clorofila. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.1, p.163-171, 2006.

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

SANGOI, L; ERNANI, P. R; SILVA, P. R. F; HORN, D; SCHMITT, A; SCHWEITZER, C; MOTTER, F. Rendimento de grãos e margem bruta de cultivares de milho com variabilidade genética contrastante em diferentes sistemas de manejo. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.3, p.747-755, 2006.

SANTOS, H. P; FONTANELI, R. S; FONTANELI, R. S; TOMM, G.O. LEGUMINOSAS FORRAGEIRAS ANUAIS DE INVERNO. In: FONTANELI, R, S; SANTOS, H. P; FONTANELI, R. S. (Eds). **Forrageiras para Integração Lavoura-Pecuária-Floresta na Região Sul-Brasileira**. Brasília-DF: Editora Embrapa, 2012. P 305-320.

SANTOS, M.M; GALVÃO, J. C. C; SILVA, I. R; MIRANDA, G. V; FINGER, F.L. Épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do milho em plantio direto, e alocação do nitrogênio (¹⁵N) na planta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 34, n. 4, p.1185-1194, 2010.

SCHERER, E. E.; BALDISSERA, I. T.; NESI, C. N. Propriedades químicas de um latossolo vermelho sob plantio direto e adubação com esterco de suínos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v. 31, p.123-131, 2007.

SICHOCKI, D.; GOTT, R. M.; FUGA, C. A. G.; AQUINO, L. A.; RUAS, R. A. A.; NUNES, P. H. M. P. Resposta do milho safrinha à doses de nitrogênio e de fósforo. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.13, n.1, p. 48-58, 2014.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SANGOI, L.; PIANA, A. T.; STRIEDER, M. L.; JANDREY, D. B.; ENDRIGO, P. C. Produtividade do milho irrigado em sucessão a espécies inverniais para produção de palha e grãos. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.43, n.8, p.987-993, 2008.

SILVA, A. A.; SILVA, P. R. F.; SUHRE, S. E.; ARGENTA, G.; STRIEDER, M. L.; RAMBO, L. Sistemas de coberturas de solo no inverno e seus efeitos sobre o rendimento de grãos do milho em sucessão. **Ciência Rural**, v.37, n.4, p.928-935, 2007.

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

SILVA, E. C.; BUZZETTI, S.; LAZARIN I, E. Aspectos econômicos da adubação nitrogenada na cultura do milho em sistema plantio direto em LATOSSOLO VERMELHO distroférrico fase cerrado. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 4, n. 3, p. 286-297, 2005.

SILVA, P.R.F.; ARGENTA, G.; SANGOI, L.; STRIEDER, M.L. & SILVA, A.A. Estratégias de manejo de coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema semeadura direta. **Ciência Rural**, v. 36, n. 3, p. 1011-1020, 2006b.

SILVA, S.G.C.; SILVA, A.P. da; GIAROLA, N.F.G.; TORMENA, C.A.; SÁ, J.C. de M. Temporary effect of chiseling on the compaction of a rhodic hapludox under no-tillage. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 547-555, 2012.

SOUSA, J. V.; RODRIGUES, C. R.; LUZ, J. M. Q.; CARVALHO, P. C.; RODRIGUES, T. M.; BRITO, C. H. Silicato de potássio via foliar no milho: fotossíntese, crescimento e produtividade. **Bioscience Journal**, Uberlândia. v. 26, n. 4, p. 502-513, 2010.

STRIEDES, M. L.; SILVA, P. R. F.; ANGHINONI, I.; MEURER, E. J.; RAMBO, L.; ENDRIGO, P. C. Época de aplicação da primeira dose de nitrogênio em cobertura em milho e espécies antecessoras de cobertura de inverno. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, v.30, p. 879-890, 2006.

TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A. et al, Análise de solo, plantas e outros materiais, Porto Alegre : **Departamento de Solos**, UFRGS, 1995, 174p.

VARELLA, C. A. A. Efeitos dos sistemas de cultivo convencional, mínimo e direto no escoamento superficial e nas perdas de solo. **Dissertação (mestrado)** - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - Curso De Pós-Graduação Em Fitotecnia. Seropédica, Rio de Janeiro. Novembro – 1999.

VARGAS, L. K.; SELBACH, P. A.; SÁ, E. L. S. Imobilização de nitrogênio em solo cultivado com milho em sucessão à aveia preta nos sistemas plantio direto e convencional. **Ciência Rural**, v.35, n.1, jan-fev, 2005.

VIOLA, R.; BENIN, G.; CASSOL, L. C.; PINNOW, C.; FLORES, M. F.; BORNHOFEN, E. Adubação verde e nitrogenada na cultura do trigo em plantio direto. **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 1, p.90-100, 2013.

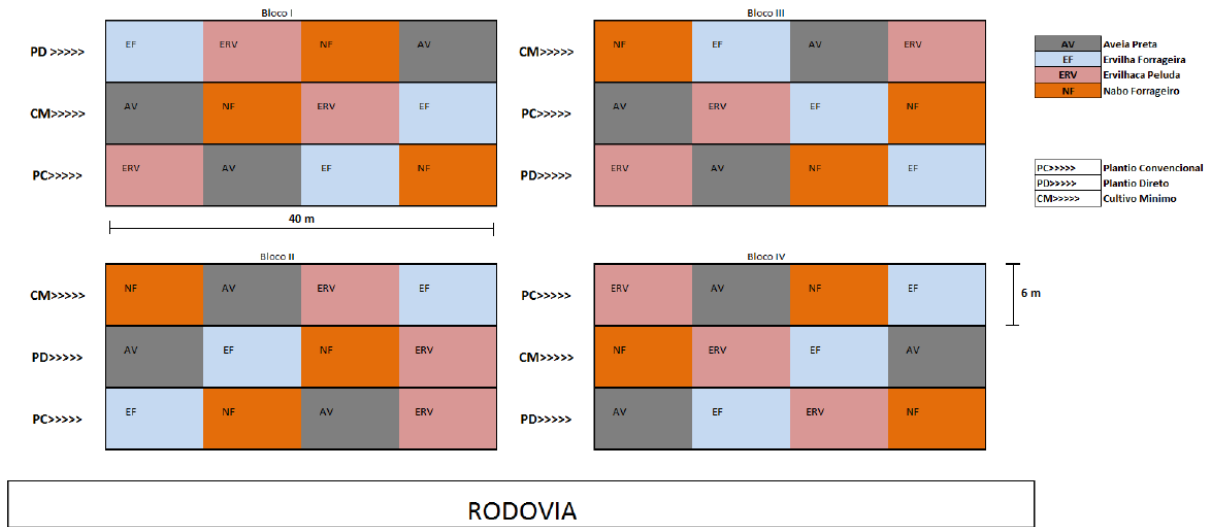
VIOLA, R. Efeito de espécies outonais cultivadas em sucessão ao milho na produtividade do trigo, sob diferentes doses de adubação nitrogenada. **Dissertação (Mestrado)**. 83 f. - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. Pato Branco, 2011.

WOLSCHICK, N. H. Desempenho de plantas de cobertura e influência nos atributos do solo e na produtividade de culturas em sucessão. **Dissertação (mestrado)** 93 f. Universidade do Estado de Santa Catarina, Programa de Pós – Graduação em Ciência do Solo, Lages, 2014.

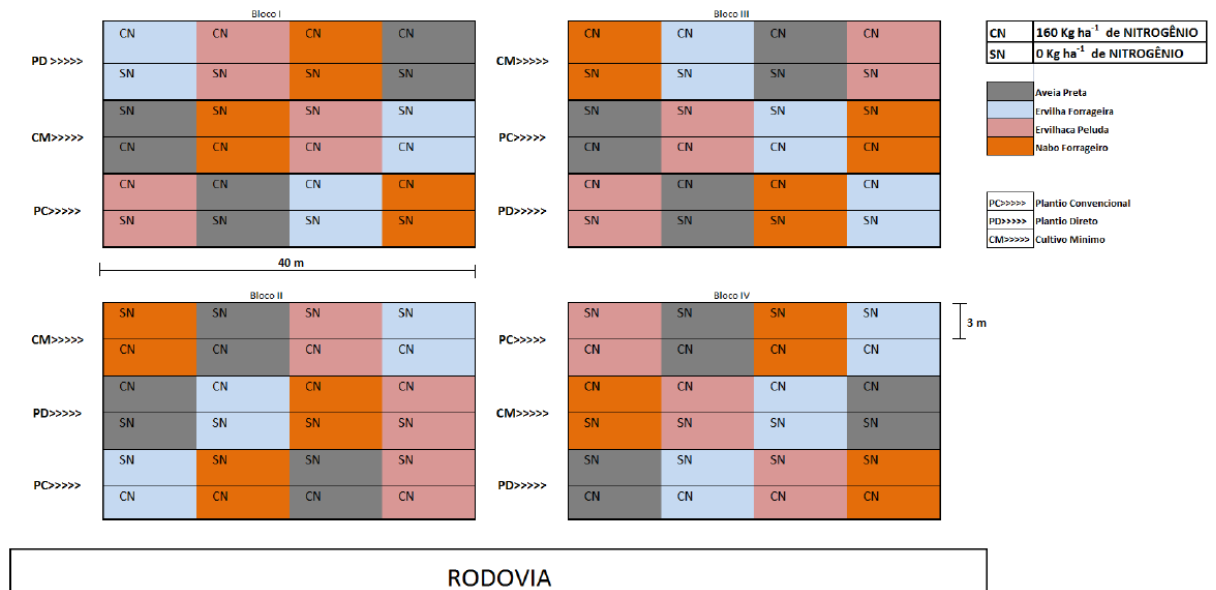
YAMADA, T. S. & ABDALLA, S. R. Informações Agronômicas, Piracicaba, n. 91, p. 1-16, set. 2000.

ANEXOS

ANEXO I. Croqui do experimento fase I. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014.



Anexo II. Croqui do experimento fase II. UTFPR, Câmpus Pato Branco, 2014/2015.



Anexo III. Resumo da análise de variância para as variáveis: taxa de cobertura do solo aos 15, 30, 45, 60 e 75 dias após a emergência (DAE) e massa seca de plantas de cobertura (MSPC) em função de plantas de cobertura e cultivos de solo. UTFPR Câmpus Pato Branco, 2014/2015.

FV	GL	Quadrado médio				
		15 DAE	30 DAE	45 DAE	60 DAE	75 DAE
Cultivo	2	9,00 ^{ns}	581,33 ^{ns}	1533,00 ^{**}	2769,33 ^{**}	645,33 ^{**}
Bloco	3	41,33 ^{ns}	152,33 ^{ns}	499,89 ^{ns}	327,55 ^{ns}	100,00 ^{ns}
Erro _a	6	29,00	264,00	225,89	260,89	82,67
cobertura	3	439,56 ^{**}	1929,22 ^{**}	1265,22 ^{**}	964,89 ^{**}	680,44 ^{**}
cult x cob	6	31,22 ^{ns}	87,56 ^{ns}	499,22 ^{**}	591,56 ^{**}	353,78 ^{**}
Erro _b	27	48,22	91,96	199,00	163,41	88,44
Total	47					
CV(%)		39,68	27,08	23,03	15,01	10,02

ns, *, ** respectivamente, não significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F

Anexo IV. Resumo da análise de variância para as variáveis: teor de nitrogênio, fósforo e potássio (TNCOB, TPCOB e TKCOB respectivamente) e acúmulo de nitrogênio, fósforo, potássio (ANCOB, AP COB e AKCOB respectivamente) de quatro espécies de plantas de cobertura e em função de plantas de cobertura e três cultivos de solo. UTFPR Câmpus Pato Branco, 2014/2015.

FV	GL	Quadrado médio			
		MSPC	ANCOB	APCOB	AKCOB
Cultivo	2	4,30 ^{ns}	2024,00 ^{ns}	48,25 ^{ns}	780,69 ^{ns}
Bloco	3	0,51 ^{ns}	400,12 ^{ns}	21,07 ^{ns}	895,59 ^{ns}
Erro _a	6	0,88	860,68	10,36	566,43
Cobertura	3	15,55 ^{**}	9197,01 ^{**}	227,89 ^{**}	21728,04 ^{**}
cult x COB	6	3,32 ^{**}	1276,42 ^{**}	14,61 ^{**}	447,22 ^{ns}
Errob	27	0,56	249,72	4,35	328,68
Total	47				
CV(%)		23,05	21,24	23,50	30,80

ns, *, ** respectivamente, não significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F

Anexo V. Resumo da análise de variância para as variáveis de plantas de milho: Clorofila A (Clor A), clorofila B (Clor B), clorofila total (Clor Tot), nitrogênio foliar (NFM), fósforo foliar (PFM), potássio foliar (KFM), cultivado em sequência a três cultivos de solo com quatro plantas de coberturas no inverno, e em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no verão. UTFPR Câmpus Pato Branco, 2014/2015.

FV	GL	Quadrado médio					
		Clor A	Clor B	Clor Tot	NFM	PFM	KFM
Cultivo	2	7,50 ^{ns}	6,18 ^{ns}	26,35 ^{ns}	19,87 ^{ns}	0,60 ^{ns}	36,35 [*]
Bloco	3	26,31 ^{ns}	3,55 ^{ns}	43,89 ^{ns}	8,76 ^{ns}	1,09 ^{ns}	39,26 [*]
Erro _a	6	7,98	6,86	26,40	8,66	0,37	5,58
Cobertura	3	49,87 ^{**}	71,03 ^{**}	20,91 ^{ns}	53,64 [*]	0,20 ^{ns}	39,36 ^{**}
cultivo x cob	6	4,97 ^{ns}	5,76 ^{ns}	239,68 ^{**}	10,86 ^{ns}	0,11 ^{ns}	13,18 ^{ns}
Erro _b	27	2,91	3,05	11,57	6,88	0,14	6,64
N	1	384,24 ^{**}	826,97 ^{**}	2338,60 ^{**}	1015,95 ^{**}	1,63 ^{**}	15,61 ^{ns}
cult x N	2	5,84 ^{ns}	3,59 ^{ns}	18,56 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,20 ^{ns}	15,83 ^{ns}
N x COB	3	34,80 ^{**}	31,17 ^{**}	131,55 ^{**}	49,94 [*]	0,08 ^{ns}	6,48 ^{ns}
cult x N x COB	6	4,59 ^{ns}	3,27 ^{ns}	15,30 ^{ns}	4,29 ^{ns}	0,17 ^{ns}	3,16 ^{ns}
Erro _c	36	2,13	2,44	8,53	14,11	0,11	7,99
Total	96						
CV (%)		4,00	9,15	5,45	15,38	12,11	17,69

ns, *, ** respectivamente, não significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F

Anexo VI. Resumo da análise de variância para as variáveis: Comprimento de espiga (CE), diâmetro de espiga (DE), massa de mil grãos (MG), número de fileiras de grão na espiga (NFG), número de grãos na fileira da espiga (NG) e produtividade (PROD) de milho, cultivado em sequência a três manejos de solo com quatro plantas de coberturas no inverno, e em função da adubação nitrogenada na cultura do milho no verão. UTFPR Câmpus Pato Branco, 2014/2015.

FV	GL	Quadrado médio					
		CE	DE	MG	NFG	NG	PROD
Cultivo	2	0,82 ^{ns}	5,76 ^{ns}	174,64 ^{ns}	0,53 ^{ns}	1,71 ^{ns}	10325454,75 ^{ns}
Bloco	3	0,77 ^{ns}	24,10 [*]	23,90 ^{ns}	0,35 ^{ns}	31,84 [*]	1117567,88 ^{ns}
Erro _a	6	1,49	6,78	68,48	0,32	8,74	4124744,40
Cobertura	3	10,49 ^{**}	15,01 [*]	17,97 ^{ns}	0,90 [*]	71,26 ^{**}	38341924,30 ^{**}
cultivo x cob	6	1,13 ^{ns}	6,98 ^{ns}	11,35 ^{ns}	0,20 ^{ns}	7,29 ^{ns}	2744494,60 ^{ns}
Erro _b	27	1,02	3,57	48,83	0,20	6,83	1887606,00
N	1	73,33 ^{ns}	193,92 ^{**}	3452,76 ^{**}	4,25 ^{**}	370,13 ^{**}	232254381,20 ^{**}
cult x N	2	0,10 ^{ns}	10,06 ^{ns}	36,34 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,71 ^{ns}	5810025,50 ^{ns}
N x COB	3	6,88 ^{**}	16,82 [*]	44,46 ^{ns}	1,07 ^{**}	48,68 ^{**}	35572683,70 ^{**}
cult x N x COB	6	0,14 ^{ns}	0,70 ^{ns}	11,66 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,26 ^{ns}	3389296,10 ^{ns}
Erro _c	36	1,15	4,14	36,84	0,20	6,99	1850129,40
TOTAL	95						
CV (%)		7,12	4,33	4,92	2,92	8,38	13,29

ns, *, ** respectivamente, não significativo a 5 e 1% de probabilidade pelo teste F