

**ERVILHACA E AVEIA PRETA CULTIVADAS
SIMULTANEAMENTE COMO ADUBO VERDE E
SUA INFLUÊNCIA NO RENDIMENTO DO MILHO**

REGES HEINRICH
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Solos e Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Agosto - 1996

**ERVILHACA E AVEIA PRETA CULTIVADAS
SIMULTANEAMENTE COMO ADUBO VERDE E
SUA INFLUÊNCIA NO RENDIMENTO DO MILHO**

REGES HEINRICH

Aprovada em: 23/10/1996

Comissão julgadora:

Prof. Dr. Antonio Luiz Fancelli

ESALQ/USP

Prof. Dr. Luís Inácio Prochnow

ESALQ/USP

Dr. Eduardo Antonio Bulisani

IAC



Prof. Dr. ANTONIO-LUIZ FANCELLI
Orientador

A DEUS,
OFEREÇO.

Aos meus Guias,
MINHA GRATIDÃO.

A minha
família,
DEDICO.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por sempre estar presente nos degraus da minha vida.

A minha Família, pelo incentivo desde o princípio que decidi seguir esse caminho.

À Selma pelo incessante apoio neste meu caminho.

Ao Professor Orientador Dr. Antonio Luiz Fancelli pela amizade, pelo seus ensinamentos transmitidos e valiosa orientação.

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, através do Departamento de Ciência do Solo, pela acolhida amiga durante o curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudo concedida.

À Universidade Federal de Santa Maria e, em especial, ao Departamento de Solos, pelo apoio e condições oferecidas para a execução deste trabalho.

Ao Prof. Godofredo Cesar Vitti, pela valiosa amizade, apoio e contribuição a este trabalho.

Aos Prof. Celso Aita e Telmo Jorge Carneiro Amado, da Universidade Federal de Santa Maria, pelas orientações durante o planejamento e condução do experimento.

Ao amigo Clovis Pereira Peixoto pelas críticas, sugestões, correções, apoio sincero e amizade prestada.

Ao colega Leandro Zancanaro pelo apoio durante a execução do ensaio.

À Comissão julgadora, pelas correções e sugestões apresentadas.

Às bibliotecárias Eliana M. Garcia Sabino e Kátia M. de Andrade Ferraz pela revisão das referências bibliográficas.

Ao serviço social da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” pela moradia estudantil durante a realização do curso.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

“Mestre não é quem sempre ensina,
mas quem de repente aprende”

João Guimarães Rosa

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| RESUMO | viii |
| SUMMARY | x |
| 1. INTRODUÇÃO | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Adubação verde: Considerações gerais..... | 4 |
| 2.2. Efeitos físicos, químicos e biológicos da adubação verde | 7 |
| 2.3. Consorciação de espécies para adubação verde | 10 |
| 2.3.1. Ervilhaca comum (<i>Vicia sativa</i> L.) | 14 |
| 2.3.2. Aveia preta (<i>Avena strigosa</i> Schieb.) | 15 |
| 2.4. Adubação verde na cultura do milho | 17 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS | 20 |
| 3.1. Localização da área experimental | 20 |
| 3.2. Clima..... | 20 |
| 3.3. Solo..... | 23 |
| 3.4. Tratamentos estudados | 23 |
| 3.5. Características das espécies de adubos verdes utilizadas no consórcio | 24 |
| 3.5.1. Ervilhaca comum | 25 |
| 3.5.2. Aveia preta | 26 |
| 3.6. Características do híbrido de milho avaliado | 27 |
| 3.7. Delineamento experimental | 27 |
| 3.8. Implantação e condução do experimento | 28 |
| 3.9. Parâmetros avaliados | 28 |
| 3.9.1. Adubos verdes | 28 |
| 3.9.2. Milho | 30 |

| | |
|---|----|
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 31 |
| 4.1. Produção de fitomassa verde e seca dos adubos verdes | 31 |
| 4.2. Produção relativa de fitomassa dos adubos verdes | 35 |
| 4.3. Concentração de nitrogênio da parte aérea dos adubos verdes | 36 |
| 4.4. Acúmulo relativo de nitrogênio na fitomassa dos adubos verdes | 40 |
| 4.5. Relação C/N e resíduos remanescentes dos adubos verdes | 41 |
| 4.6. Produção de fitomassa seca e absorção de nitrogênio pelo milho ... | 45 |
| 4.7. Rendimento de grãos de milho | 50 |
| 5. CONCLUSÕES..... | 53 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... | 54 |

**ERVILHACA E AVEIA PRETA CULTIVADAS SIMULTANEAMENTE
COMO ADUBO VERDE E SUA INFLUÊNCIA NO
RENDIMENTO DO MILHO**

Autor: REGES HEINRICH S

Orientador: Dr. ANTONIO LUIZ FANCELLI

RESUMO

A adubação verde constitui-se em uma prática conservacionista muito importante, porém sua ampla utilização exige acurados estudos relativos ao comportamento de espécies nas diversas regiões. A partir desses questionamentos, realizou-se um experimento a campo, no ano agrícola de 1992/93, em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, na área experimental do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria/UFSM, Santa Maria, RS, com o objetivo de avaliar o efeito de várias proporções de densidade de semeadura da ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.) e da aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.), e o cultivo do milho em sucessão.

Para tanto, adotou-se o delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições, cujos tratamentos foram representados por: 1- 100% E (Ervilhaca comum); 2- 90% E + 10% A (Aveia preta); 3- 75% E + 25% A; 4- 50% E + 50% A; 5- 25% E + 75% A; 6- 100% A; 7- pousio de inverno (75 kg ha⁻¹ de N no milho); 8- pousio de inverno.

Por ocasião do florescimento das espécies de adubos verdes, a fitomassa produzida foi devidamente amostrada e manejada.

O milho foi semeado na área contendo resíduos culturais das espécies de adubos verdes, no sistema de plantio direto, utilizando-se espaçamento de 0.9 m na entrelinha e perfazendo população de 50.000 plantas ha^{-1} . Todos tratamentos receberam a adubação fosfatada (50 kg ha^{-1} de P_2O_5) e potássica (75 kg ha^{-1} de K_2O), na forma de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, de acordo com as recomendações provenientes da análise de terra. Somente no tratamento 7 adicionou-se N mineral (75 kg ha^{-1}), na forma de uréia, sendo 15 kg na semeadura e o restante em cobertura no estágio de 8 folhas.

Pela análise dos resultados conclui-se que:

1) A consorciação de espécies de gramíneas e leguminosas como adubo verde, contribui para maior produção de fitomassa por unidade de área, favorecendo a manutenção da cobertura morta, em nível adequado, para o sistemas de plantio direto.

2) A utilização da ervilhaca como adubo verde, isoladamente, incorpora $74,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio ao solo, substituindo a adubação nitrogenada na cultura do milho, nas condições do experimento.

3) O aumento da proporção de aveia preta na consorciação com leguminosas, incrementa a produção de fitomassa e sua relação C/N, porém reduz a disponibilidade de nitrogênio para a cultura sucessora.

4) O rendimento da cultura do milho é influenciado pela cultura antecedente.

CULTIVATION OF MIXTURE OF SPECIES FOR WINTER GREEN MANURE AND ITS INFLUENCE UPON MAIZE PRODUCTION

Author: REGES HEINRICH S

Adviser: Dr. ANTONIO LUIZ FANCELLI

SUMMARY

Green manure is an important soil conservation practice. However, more studies concerned with the behaviour of species in different regions or cropping systems are necessary. The objectives of this research were: (a) to evaluate the effect of sowing mixtures in several rates of *Vicia sativa* L. and *Avena strigosa* Schieb. on the production and mass composition of green manure, and (b) the effect of such obtained green manure on the maize productivity, cultivated as a successive crop.

A field experiment was carried out in the 1992/1993 growing period, in a Yellowish-Red Podzolic (Hapludalf) soil, at the experimental area of the Soil Science Department, Federal University of Santa Maria, of Rio Grande do Sul, Brazil. The experiment followed a randomized complete block design with four replications being tested the treatments: 1- 100% E (common vetch); 2- 90% E + 10% A (Oat); 3- 75% E + 25% A; 4- 50% E + 50% A; 5- 25% E + 75% A; 6- 100% A; 7- winter fallow (with applied N in the maize); and 8- winter fallow.

At flowering stage, plants of both oats and common vetch were sampled and processed for dry matter yield, nitrogen content and C/N ratio determinations. The maize crop was sowed on the area containing the green manures residues, using a no-tillage system, in rows spaced 0.9 m (about 50,000 plants ha⁻¹). All treatments received P and K fertilizers: 50 kg ha⁻¹ of P₂O₅, and 75 kg ha⁻¹ of K₂O, in the form of triple superphosphate and potassium chloride, respectively. In treatment seven, the mineral N was partly applied at sowing time (15 kg ha⁻¹) and partly at maize eight leaves stage (60 kg ha⁻¹).

The analysis of the results allow to conclude that:

1) The mixture of seeds of *Vicia* and *Avena* contributed to increase the production of mass for green manure per unit of area, and preserved the mulch in an adequate level for a no-tillage system.

2) The use of common vetch as a sole species as green manure contributed to incorporate 74,8 kg ha⁻¹ of nitrogen, what means that it may substitute part of the needed mineral N fertilization for the maize successive crop.

3) The increase in the oat seed proportion in the mixture resulted in an increase in the green manure mass production and in its C/N ratio, but reduced the amount of available nitrogen for the successive maize crop.

4) Yields of maize were positively affected by the previous green manure crop, mainly due to the amount of available nitrogen from the leguminous species.

1. INTRODUÇÃO

O milho é uma das culturas de grande valor econômico da qual dependem milhares de famílias, como também gera divisas para a nação. Todavia, apesar da sua importância, a mesma tem ainda apresentada rendimentos muito aquém de seu potencial. Na região centro-sul e sudeste, onde a produção se encontra fortemente concentrada, os rendimentos médios obtidos estão ao redor de 2500 kg ha^{-1} , indicando a baixa utilização de tecnologia para o seu cultivo.

Grande parte das áreas agricultáveis, durante o período de inverno, no Estado do Rio Grande do Sul encontra-se em pousio, sem cobertura, ficando sujeitas à erosão, lixiviação de nutrientes e proliferação de plantas invasoras, pela não utilização de práticas de conservação do solo, decorrente do processo de "modernização" da agricultura brasileira verificado nas últimas décadas. Assim sendo, tornou-se necessária a utilização de espécies de plantas como cobertura vegetal, objetivando a proteção do solo, a

manutenção de sua capacidade produtiva, bem como aumentar a rentabilidade e possibilitar a permanência do homem no campo.

Nas condições tropicais e subtropicais, a intensa movimentação do solo favorece a decomposição da matéria orgânica e afeta a estrutura e a estabilidade dos agregados do solo, tornando as áreas agricultáveis muito vulneráveis aos fenômenos climáticos.

Atualmente, no Brasil, perde-se milhões de toneladas de solo agrícola, devido à erosão e mau uso, causando prejuízos como a queda da produtividade agrícola, na perda de nutrientes do solo e no assoreamento de rios, barragens, açudes, e mananciais.

Aumentar a produção agrícola considerando a capacidade de assimilação da natureza e conservando os recursos naturais é o paradigma preconizado para o desenvolvimento sustentado dos agroecossistemas. Neste contexto, a adubação verde constitui-se numa das práticas viáveis para a contribuição do reestabelecimento do equilíbrio do sistema, principalmente sob as condições edafo-climáticas brasileiras.

Embora se considere como adubação verde a incorporação ao solo de diferentes espécies vegetais, naturais ou cultivadas, incluindo as gramíneas, a prática mais comum e difundida para essa finalidade refere-se ao uso de leguminosas. A razão da preferência pelas leguminosas é, principalmente, pelo fato destas plantas apresentarem associação com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, enriquecendo o solo com esse nutriente, além de propiciar o bombeamento de outros nutrientes para a superfície, através de suas raízes profundas.

A adubação verde vem sendo empregada há muitos anos, porém ainda existem muitas indagações quanto ao seu uso racional, notadamente mediante o emprego de espécies consorciadas e sua efetiva contribuição para a cultura em sucessão.

Assim, o presente trabalho apresentou como principal objetivo aquele relacionado a avaliação do emprego da aveia preta (*Avena Strigosa* Schieb.) e Ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), isoladamente e em diferentes proporções da mistura e sua influência no rendimento da cultura em sucessão.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Adubação verde: Considerações gerais

A diminuição gradativa da fertilidade natural dos solos brasileiros agravada durante as duas últimas décadas pelo seu uso intensivo e inadequado, vem comprometendo, cada vez mais, a capacidade produtiva futura da maioria das áreas agricultáveis.

A utilização de espécies para adubação verde na agricultura vem sendo estudada há muito tempo, entretanto, sua proposta de utilização em consórcio é recente e ainda persistem muitas dúvidas.

Granato (1924) cita que Plínio na sua compilação *Naturalis historia*, relatou que era geralmente admitido não haver melhor adubo do que uma cultura de tremoços enterrada com o arado ou com a enxada antes que a vagem tivesse aparecido na planta. Apontou, ainda, que os antigos povos da Grécia cultivavam as favas (*Faba vulgaris*) para a adubação verde, enquanto os romanos davam

preferência aos trevoços que eram semeados, não para serem colhidos, mas simplesmente, para favorecer a cultura que lhes iam suceder no mesmo terreno.

O mesmo autor relata que Schulz realizou um trabalho durante 25 anos, em uma área cultivada continuamente com trevoço em terras previamente adubadas com fertilizantes minerais. Após 15 anos de experiências, o químico Märcker analisou as terras tirando amostras de 0 a 20 cm e de 20 a 40 cm de profundidade e os resultados revelaram que a quantidade de nitrogênio fixado pelo trevoço no solo durante os 15 anos analisados foi de $237.86 \text{ kg ha}^{-1}$, para cada ano.

Mendes (1938) visando à maior proteção do solo contra a erosão, bem como a melhoria na sua fertilidade, ratificou a importância da adubação verde e a necessidade da rotação de cultura, especialmente em solos com baixa fertilidade. Ressaltou que no período de 1923 - 25 foram bastante evidentes as respostas do milho à adubação verde com mucuna preta, a qual era semeada em consórcio com o milho (mucuna + milho) e incorporada após a colheita do cereal, beneficiando a cultura em sucessão.

Até meados de 1950, no Brasil, o emprego de adubos verdes era praticado através da cultura de leguminosa semeada no período de verão, ocupando as áreas de plantio de outubro a abril. Procedia-se ao enterrio, ou corte da fitomassa verde produzida na época de florescimento, ou seja em fevereiro.

Essa forma de utilização das áreas agrícolas com o plantio de um adubo verde, na época da safra, não trazia renda direta ao agricultor, dificultando a difusão e a adoção dessa prática agrícola, mesmo que o rendimento da cultura econômica em sucessão fosse consideravelmente melhorado.

Viégas et al. (1960) relataram que a adubação verde exclusiva, constitui-se em um simples sistema de rotação leguminosa-milho, exigindo, no entanto, a "perda" do ano agrícola para a cultura, motivo pelo qual não obteve grande aceitação pelos agricultores. A utilização do cultivo de inverno e/ou em

consórcio com a cultura econômica, poderia trazer a solução do problema, quando o uso da terra for intensivo.

Com o emprego de métodos de cultivo mais modernos, como por exemplo o plantio direto, demonstrou-se que os restos de plantas podem ser deixados sobre a superfície do solo sendo incorporados pela via biológica, resultando também em resultados positivos (Heinzmann, 1985; Derpsch et al., 1985).

Ainda, pela grande produção de fitomassa e pela capacidade de alcançar grandes profundidades, o sistema radicular de leguminosas conferem às plantas o poder de extrair formas pouco disponíveis de nutrientes e de mobilizar nutrientes das camadas mais profundas do solo, enquanto as gramíneas com seu sistema radicular fasciculado, proporcionam uma melhora nas propriedades físicas, refletindo em um melhor desenvolvimento das plantas cultivadas em sucessão (Inforzato, 1947).

Derpsch et al. (1991) relataram que a utilização agrícola economicamente viável de muitos solos arenosos e pobres em nutrientes, com baixo teor de matéria orgânica, em muitas regiões do mundo, tornou-se possível somente após a introdução da adubação verde.

As leguminosas ainda apresentam a vantagem de serem capazes de fixar simbioticamente o nitrogênio do ar, já o emprego de plantas não leguminosas como adubação verde pode contribuir para evitar a lixiviação de nutrientes do solo, evitar a adsorção específica de fosfato, para o enriquecimento do solo em matéria orgânica e para a inibição do desenvolvimento de plantas daninhas.

A utilização da adubação verde não implica na substituição de adubos minerais, mas sim, na sua complementação. Em função do efeito positivo alcançado pela interação entre adubo mineral e adubação verde é possível, pela

aplicação combinada, obter rendimentos maiores do que pelo emprego de cada um isoladamente (Debruck & Boguslaneski, 1979).

Mascarenhas et al. (1983) relatam que para se produzir 50kg de nitrogênio mineral exige um consumo de energia equivalente a 80 litros de gasolina. A maioria das leguminosas fixam quantidades superiores de nitrogênio por hectare, enquanto estão produzindo alimentos. A atual crise energética e financeira reflete-se sobre os fertilizantes nitrogenados, com diretas implicações nos custos dos produtos agrícolas.

Durante o período de inverno, no sul do Brasil, a maior parte da área agrícola está sob pousio e a cultura com maior exploração econômica nesse período é o trigo. Dessa forma, Derpsch et al. (1991), avaliaram durante vários anos o retorno econômico, por hectare, dos sistemas sequenciais tremoço/milho, ervilha peluda/milho e nabo forageiro/milho e compararam com a sucessão trigo/milho e obtiveram retorno muito superior quando do emprego da adubação verde no inverno.

2.2. Efeitos físicos, químicos e biológicos da adubação verde

Há apenas um século começaram a ser descobertas as razões científicas que explicavam as vantagens dos adubos verdes, o que se deu a partir do momento em que se iniciaram as pesquisas acerca da capacidade das leguminosas de fixarem nitrogênio bem como sobre a importância dos microorganismos do solo (ADUBAÇÃO verde, 1988). Logo em seguida, a prática da adubação verde passou a ser negligenciada pela campanha desencadeada em favor do uso dos fertilizantes químicos no auge do período da revolução verde no Brasil.

A manutenção da cobertura do solo com leguminosas durante a entressafra promove grande melhoria nas condições físicas, químicas e biológicas do solo, favorecendo sua estruturação e liberando de nutrientes para as culturas (Wildner & Dadalto, 1992), além de promover a estabilização dos teores de matéria orgânica do solo e contribuir para o controle de plantas daninhas pelo efeito supressor/alelopático, como foi observado por Costa et al. (1993). Dentre esses efeitos mencionados merecem especial destaque aquele correspondente a mucuna e *Crotalaria juncea* sobre a tiririca (*Cyperus rotundus*), aveia preta e ervilhaca comum sobre o capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), e azevém anual sobre guanxuma (*Sida rhombifolia*). Quanto as propriedades físicas, ressalta-se a acentuada redução nas perdas de água e diminuição da temperatura do solo durante o verão com a presença de resíduos deixados na superfícies (Derpsh et al., 1985; Bragagnolo & Mielniczuk, 1990).

Fancelli (1993) salienta que, em nossas condições, predomina a erosão de natureza hídrica, a qual atua em intensidades variáveis em função de diferentes fatores envolvidos, tais como clima, tipo de solo, relevo, vegetação uso da terra e práticas conservacionistas adotadas. A erosão hídrica é provocada pela energia cinética das gotas de chuva, que concorre para a desagregação de solo e, conseqüente, destruição de poros, que por sua vez ocasiona a redução da taxa de infiltração de água do solo, acompanhado de seu escoamento superficial.

Muzilli (1986) separa os efeitos da adubação verde nas propriedades físicas do solo em duas etapas. A primeira refere-se à proteção vegetal oferecida às camadas superficiais do solo contra fatores climáticos; e a segunda, às modificações provocadas pelo corte e incorporação do material orgânico, ligadas aos efeitos de decomposição e conteúdo de matéria orgânica do solo.

Dessa forma, a erosão do solo é influenciada por função de sua cobertura vegetal. Assim, terrenos com culturas de ciclo anual ficam mais tempo desprotegidos, principalmente na época do seu preparo para o plantio e no início

do desenvolvimento das plantas, coincidentes com períodos de intensas e frequentes precipitações.

Sharpley & Smith (1991), analisaram a qualidade de água no subsolo e verificaram que a cobertura do solo em vários sistemas de cultivo repercutiu na redução das perdas de nitrogênio e fósforo via lixiviação e escoamento superficial, respectivamente.

Browning & Milan (1944) relatam que a matéria orgânica incorporada ao solo em poucos dias aumenta a agregação do solo, atingindo o efeito máximo em 20 a 30 dias, reduzindo gradualmente com o tempo. O material com maior resistência à decomposição requer maior tempo para atuar, no entanto, seu efeito é mais prolongado.

Tanaka (1981) citou as leguminosas como as plantas mais adequadas para adubação verde, por terem um rendimento elevado de fitomassa verde por área, e por serem ricas em nutrientes, já que o seu sistema radicular bastante ramificado e profundo permite recuperar os nutrientes lixiviados para camadas mais profundas do solo. No entanto, Muzilli (1986), ressalta que a composição química dos adubos verdes é variável segundo características inerentes à própria espécie, idade, condições edáficas e fatores climáticos reinantes no período.

Sobre as propriedades químicas não se detectaram efeitos relevantes nos níveis de nutrientes e teor de matéria orgânica na camada arável do solo, conforme resultados provenientes de diferentes tipos de sistemas de cultivo avaliados por Santos & Reis (1989). Entretanto, é indiscutível, o ganho adicional de nitrogênio, que é incorporado ao solo via fixação biológica pelas espécies leguminosas. Esta quantidade de nitrogênio pode ser estimada a partir do teor de nitrogênio presente na biomassa de espécies como guandu (*Cajanus cajan*), feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), e crotalária (*Crotalaria spectabilis*), conforme obtido por Amado & Almeida (1987), correspondente a de 148, 193 e 260 kg ha⁻¹,

respectivamente. Da mesma forma foram encontrados por Aita et al. (1988), para as mesmas espécies, cerca de 140, 160 e 210 kg ha⁻¹, respectivamente.

Resultados semelhantes foram obtidos por Heinrichs et al. (1991), estudando sistemas de cultivo e leguminosas de verão, feijão de porco (*Canavalia ensiformis*), guandu (*Cajanus cajan*) e crotalária (*Crotalaria spectabilis*), os quais observaram que houve um efeito positivo no rendimento de grãos de milho cultivado em sucessão, e quando sob sistema convencional, o mesmo se igualou ao tratamento com a aplicação de 130 kg ha⁻¹ de nitrogênio.

Em termos biológicos, a presença de adubos verdes pode alterar a fauna do solo favorecendo os cultivos comerciais, como é o caso da soja em alguns solos do cerrado. Sharma et al. (1982) observaram que a adubação verde foi um dos métodos mais eficiente e acessíveis no controle de nematóide, o que foi confirmado por Silva & Carneiro (1992), em experimento realizado com guandu anão e comum, mucunas e crotalárias (exceto a juncea).

Cury & Silveira (1978) estudaram o comportamento da soja em sucessão à mucuna-preta, ao consórcio milho + mucuna e ao tratamento químico em solos infestados por nematóides do gênero *Meloidogyne* (*M. incognita*) e obtiveram resultados favoráveis no uso da adubação verde para o controle do nematóide. Os mesmos autores também obtiveram sucesso quando cultivaram em sucessão a cultura do algodão.

2.3. Consorciação de espécies para adubação verde

A consorciação de culturas pode trazer grandes benefícios para um sistema agrícola, entretanto, vem sendo prejudicada em função da falta de máquinas adequadas, pelo conservadorismo de muitos produtores e pelo aumento da especialização em uma determinada cultura (Francis, 1989).

Na consorciação de leguminosas com gramíneas para adubação verde obtem-se significativa vantagem relacionada ao equilíbrio da relação C/N. De acordo com Siqueira & Franco (1988), com relação C/N entre 20 e 30 há equilíbrio entre a imobilização e mineralização do nitrogênio e quando esta relação é superior a 30, a taxa de imobilização será maior que a mineralização. Todavia, Derpsch et al. (1985), apontam que a imobilização de nitrogênio pode ocorrer com relação C/N maior que 25.

Dessa maneira, a composição da fitomassa vegetal (teores de celulose e lignina) também exerce influência marcante na decomposição dos resíduos. A relação entre a quantidade de carbono e nitrogênio, bem como, o teor de lignina, governam boa parte dos processos de decomposição e disponibilidade de nitrogênio para as culturas em sucessão (Heinzmann, 1985). Essa relação e os teores de lignina são influenciados pelo tipo de material e idade da planta.

Kiehl¹ relatado pela publicação de Fundação Cargill (1983), desenvolveu um método de consorciação de leguminosa visando obter maior produção de massa vegetal. A inovação consistiu em se cultivar linhas alternadas de leguminosas de porte ereto com plantas leguminosas volúveis, para se obter dessa consorciação um suporte natural para os adubos verdes trepadores. De acordo com os resultados alcançados, a *Crotalaria juncea* com feijão baiano consistiu no consórcio mais promissor, enquanto a *Crotalaria juncea* com lablab e, guandu com lablab não mostraram a mesma eficiência. A existência de especificidade na consorciação, também foi enfatizado por Trenbath (1974).

¹ KIEHL, E.J. Consorciação de leguminosas II - Nova disposição das linhas de plantas suportes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 7., Piracicaba, 1959. **Resumos**. Piracicaba: SBCS, 1971. p. 68.

Em experimento desenvolvido em casa de vegetação, Ouknider et al. (1991) verificaram que a fitomassa seca produzida por planta-de-ervilhaca foi maior quando semeada isoladamente, quando comparado a consorciada, enquanto a aveia apresentava tendência contrária, ou seja, maior produção de matéria seca quando consorciada com a leguminosa.

Cabarello et al. (1995) relataram que a melhor produção relativa na consorciação entre ervilhaca comum e ervilha com aveia é obtida quando a proporção na densidade de semeadura é de 90% e 10% ou 80% e 20%, respectivamente. No mesmo trabalho, a produção de matéria seca total não foi afetada pela proporção utilizada na semeadura. Com o aumento da qualidade da forragem com a consórcio a proporção de aveia usada com a ervilhaca é muito baixa (10%). Assim, infere-se que o efeito da aveia no consórcio com a ervilhaca comum vai aumentando a competitividade em função do seu aumento na densidade, no entanto, sugere-se que a proporção de sementes de aveia a ser utilizada, para uma melhor produção de ervilhaca, esteja em torno de 10%.

Fontaneli et al. (1991) avaliaram o efeito da consorciação em gramíneas e leguminosas de inverno e observaram no primeiro corte que a aveia se destacou entre as gramíneas e a ervilhaca obteve o melhor rendimento de fitomassa entre as leguminosas estudadas. Tais resultados são corroborados com aqueles obtidos por Fontaneli & Freire Junior (1988). Os mesmos autores também comentam que, para se liberar a área na primavera, as consorciações com ervilhaca e trevo subterrâneo podem ser as mais adequadas.

Papastylianou (1990), em Chipre, onde realizou trabalhos de consorciação de aveia com ervilhaca e ervilha (*Pisum* sp.) em diferentes proporções, observou que a produção de matéria seca foi afetada pela proporção de semeadura utilizada. No tratamento apresentando somente ervilhaca, a produção de matéria seca foi menor do que no tratamento só com aveia. Para obtenção de produções equivalentes entre as leguminosas e gramíneas as

proporções de semeadura foram de 10% e 90% e de 20% e 80% para aveia e ervilhaca comum e para aveia e ervilha, respectivamente.

No cultivo consorciado entre leguminosas e gramíneas, geralmente, a gramínea apresenta maior produção de fitomassa. Esse fato pode ser atribuído ao desenvolvimento mais rápido e mais agressivo das plantas de fisiologia C₄ (Osman & Osman, 1982).

Para adequado estabelecimento de espécies consorciadas segundo Fontaneli & Giraldi (1988), é necessário que a densidade de semeadura seja adequada, de forma a não prejudicar uma dada espécie.

Helenius & Jokinen (1994) estudaram a produção relativa de matéria seca descrita por Mead & Willey (1980) e verificaram que a produção de fitomassa na consorciação variou de 0,85 à 1,05. Com isso pode-se obter uma referência para escolha de qual a proporção que melhor se adapta num determinado sistema de produção. Assim, a produção relativa é muito recomendada por pesquisadores para a avaliação de experimentos com consorciação (Francis, 1989).

Osman & Nersoyan (1986) relataram em trabalho realizado no norte da Síria, com ervilhaca e chícharo consorciado com várias gramíneas, que a produção de fitomassa foi maior quando as duas famílias foram semeadas juntas, além de proporcionarem matéria orgânica mais rica em nutrientes, beneficiando a cultura posterior.

Pesquisando a fixação de nitrogênio por leguminosas, quando cultivadas em consórcio com gramíneas e recebendo adubação nitrogenada de 90 kg ha⁻¹, com nitrogênio marcado, Papastylianou (1988) detectou que a fixação via simbiótica do nutriente foi reduzida consideravelmente, confirmando a teoria de que a planta sempre consome o nitrogênio prontamente disponível.

Oliveira (1992) estudando a cultura do algodoeiro em sucessão a adubação verde, relata a importância da cobertura vegetal no período de inverno.

A associação de aveia com tremoço chegou a produzir 90 kg.ha^{-1} de nitrogênio, refletindo no aumento de produção de algodão quando comparado ao pousio na época de inverno.

2.3.1. Ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.)

Entre as leguminosas, a ervilhaca, é uma das espécies mais promissoras para cobertura do solo durante o período de inverno. Originária das regiões do Mediterrâneo e da Ásia Menor, tem satisfatória adaptação ao clima subtropical, sendo uma boa alternativa para o cultivo consorciado com azevém, centeio ou aveia, pelo seu hábito volúvel, melhorando a qualidade da cobertura, apresentando inclusive uma boa produção em solos argilosos e pouco férteis (Fernandes et al., 1991).

As diferentes espécies de ervilhaca se desenvolvem em vários tipos de solo e não necessitam de tanto cálcio como a maioria das leguminosas. Não são exigentes em solos férteis, porém necessitam de um regime de chuvas adequado, pois têm sistema radicular pouco desenvolvido, o que as tornam não muito resistentes à estiagem. São consideradas como plantas adequadas para cobertura por suas raízes comporem uma grande massa junto à superfície e por fixarem grandes quantidades de nitrogênio (ADUBAÇÃO verde, 1988).

Kurchak & Provorov (1995) estudaram a eficiência da inoculação da ervilhaca na fixação de nitrogênio e verificaram que tal procedimento proporcionou maior produção de fitomassa e maior concentração de nitrogênio na planta.

Touchton et al. (1984) realizaram um trabalho no qual estudaram a infiltração da água no solo no cultivo do algodão, quando esse sucedeu a ervilhaca comum e, constataram que a leguminosa propiciou maior infiltração quando comparado com a testemunha ou com trevo (*crimson clover*).

Os mesmos autores, também observaram que o trevo vermelho (*Trifolium incarnatum* L.) e a ervilhaca comum são plantas adequadas para cobertura do solo e como fornecedoras de nutrientes para o cultivo do algodão, chegando a suprir em alguns anos, até 68 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Resultados semelhantes também foram encontrados por Hargrove (1986), quando a cultura em sucessão foi o sorgo granífero.

A ervilhaca comum segundo descrição de Fernandes et al. (1991), é uma leguminosa anual de inverno para adubação verde, além de constituir-se numa excelente forragem para animais. Seu hábito de crescimento é ereto trepador e de acordo com as recomendações desse autor, quando utilizada como adubo verde deve ser dessecada e cortada na fase de plena floração, estando as plantas com mais ou menos 35cm de altura. Caso a cultura apresente elevada produção de fitomassa verde, sugere-se dessecá-la de 7 a 10 dias antes da semeadura do milho.

2.3.2. Aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.)

A aveia preta gramínea anual cultivada na região sul do Brasil, chega a produzir em torno de 30 t ha⁻¹ de fitomassa verde. Apresenta satisfatória resistência à ferrugem, ao ataque de pulgões e a condições de estiagem. Essa planta tem sido muito estudada em sistemas de rotação de culturas, como adubo verde, com ótimos resultados na produção de soja e feijão e para a contribuição na eliminação de patógenos (Derpsch & Calegari, 1985). Além do uso na alimentação de animais, também proporciona uma excelente cobertura do solo durante o período de inverno. Apresenta alta produção de massa verde e resistência às principais enfermidades, como a ferrugem e “mal-do-pé”. Vários estudos têm mostrado que a aveia preta é muito útil na rotação de culturas no

sentido de melhorar a sanidade do solo. Fernandes et al. (1991) relataram que a soja, quando cultivada após a aveia, é menos afetada pela rizoctoniose e pela podridão branca da haste. Da mesma maneira, a cultura do trigo, quando intercalada com o cultivo da aveia, é menos afetada pelas doenças do sistema radicular.

Inicialmente, essa planta era considerada suscetível ao ataque de nematóides do gênero *Meloidogyne* (Lordello, 1973). Hoje se sabe, como foi demonstrado por Silva & Carneiro (1992), em experimento conduzido em casa-de-vegetação, que há linhagens resistentes a determinadas raças do *M. incognita*. Desse modo, as linhagens de aveia preta resistentes podem ser usadas em sistemas de rotação de culturas, ou como adubo verde, visando a redução populacional desse organismo. O conhecimento da raça fisiológica de *M. incognita* na área a ser plantada é imprescindível para se efetuar o controle com sucesso.

De acordo com Floss (1982), o gênero compreende 15 espécies (anuais e perenes), sendo, no entanto, três as mais importantes: *Avena sativa* (aveia branca); *Avena byzantina* (aveia amarela) e *Avena strigosa* (aveia preta).

Segundo Baier et al. (1988), a aveia é uma cultura que pode ser cultivada em consórcio com leguminosas, entre as quais se destacam a ervilhaca e o trevo vermelho, chegando a produzir de 3.569 a 5.381 kg ha⁻¹ de matéria seca no somatório de 3 cortes.

Contudo, apesar das vantagens de sua utilização podem ser observadas infestações de aveia na cultura sucessora de inverno devido à maturidade desuniforme das sementes. Para contornar esse problema, o manejo mecânico (rolo faca, roçadora, grade) ou a dessecação química, deve ser feita na época da floração.

O clima é fator primordial na produção de aveia (*Avena* sp.), que não tolera áreas excessivamente úmidas, que contribuem para intensificar a incidência de ferrugem. Ainda, tal espécie é pouco resistente a temperaturas

elevadas (superiores a 26°C) e a períodos de secas, que favorecem a infestação de pulgões.

2.4. Adubação verde na cultura do milho

O cultivo de leguminosas tem proporcionado uma economia de fertilizante nitrogenado para o milho, embora a magnitude deste efeito seja variável entre os experimentos. Isto reforça a recomendação de Muzilli et al. (1989), que para fazer parte de um determinado sistema de cultivo, uma espécie destinada a adubação verde precisa ser criteriosamente avaliada regionalmente, tanto em termos do seu comportamento quanto em seus diferentes potenciais de aproveitamento.

Medeiros et al. (1990) pesquisando sobre o efeito residual da aveia e do tremoço, semeados individualmente ou consorciados, no rendimento do milho e do algodão, com adubação química, constataram que os tratamentos com tremoço solteiro ou em maior densidade foram superiores aos da aveia, tanto no milho quanto no algodão, provavelmente em função do nitrogênio adicionado ao sistema.

Muzilli et al. (1983) enfatizou que a adubação verde constitui-se em alternativa viável para recuperação da capacidade produtiva do solo e contribui para a redução dos gastos com fertilizantes nitrogenados.

Mitchell & Teel (1977) estudando o consórcio entre *Avena sativa* L. e *Vicia vilosa* Roth constataram que a produção de fitomassa seca da parte aérea chegou à 6 t ha⁻¹, acumulando 150 kg ha⁻¹ de nitrogênio que refletiu na produção de 6 t ha⁻¹ de grãos de milho.

Sarrantonio & Scott (1988) estudaram os sistemas de cultivo apropriados para *Vicia vilosa* Roth (ervilhaca peluda), e constataram que esse adubo verde influenciou favoravelmente na produção de milho, tanto em sistema

convencional ou semeadura direta; no entanto, em condições de déficit hídrico, o sistema de plantio direto o milho apresentou rendimento superior.

Por outro lado, pesquisando coberturas verde de inverno, Derpsch et al. (1985), constataram que a aveia preta produziu maiores quantidades de matéria seca, no entanto, a cultura do milho em sucessão a este adubo verde apresentou um rendimento de grãos muito baixo, se igualando aos tratamentos com centeio e girassol. Essas espécies, apresentaram a relação C/N mais alta das espécies estudadas.

A proteção da superfície do solo com resíduos vegetais é um dos meios mais efetivos para reduzir as perdas de solo por erosão em função, principalmente, por impedir o impacto direto das gotas de chuva sobre o solo, redução no selamento dos poros, na velocidade de escoamento da enxurrada e aumento na infiltração de água (Mannering & Meyer, 1963).

Assim, Power et al. (1983) relata que a ervilhaca comum, pela grande produção de fitomassa verde, protege a superfície do solo contra o impacto direto das gotas da chuva e possibilita a incorporação de 90 até 120 kg ha^{-1} de nitrogênio e que esta quantidade é capaz de suprir parcialmente a necessidade desse nutriente para o milho como cultura subsequente.

Reicosky (1994) confirma a importância da interação do complexo solo, clima e colheita no resultado de produção de grãos, resíduos e controle da erosão, requer um nível tecnológico muito alto. Com a cobertura vegetal, aumenta a infiltração de água no solo e minimiza-se a evaporação e torna-a disponível para as plantas, além de reduzir o escoamento superficial.

Triplett (1986) relata que o resíduo do centeio e trigo para cobertura é muito eficiente devido sua alta concentração de celulose, lignina e relação C/N, o que proporciona maior resistência a decomposição. Por outro lado, as leguminosas anuais de inverno apresentam boa cobertura e suprem parte de

nitrogênio que as culturas de verão, como o milho e sorgo, necessitam. (Ebelhar et al., 1984; Frye et al., 1988).

Muzilli (1983) observou que a maior demanda de nitrogênio está ligada à relação C/N e a atividade biológica em que a mineralização é mais lenta, devido ao menor contato entre o material orgânico e a população microbiana do solo.

Bruce et al. (1991) salientam o efeito positivo dos adubos verdes, relatando que a cobertura verde mantém ou aumenta o potencial produtivo dos solos, pois proporciona uma fonte de biomassa que contribui para matéria orgânica do solo.

Por ocasião da semeadura do milho, o solo deverá apresentar-se com temperatura superior a 10°C, aliado a umidade próxima a capacidade de campo, para possibilitar o desenvolvimento dos processos de germinação e emergência (Fancelli & Dourado Neto, 1996). Dessa maneira, a densidade e a distribuição da cobertura vegetal é o princípio fundamental para preservação do solo contra os efeitos climáticos. Quanto menor forem os efeitos, tanto mais densa será a vegetação que o recobre e protege. Nas regiões tropicais, o solo descoberto, submetido à ação direta do sol e da água da chuva, sofre prejuízos graves e rápidos na sua produtividade, com uma boa produção de fitomassa, consegue-se o estabelecimento da proteção sobre o solo, amenizando o efeito prejudicial dos fatores meteorológicos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi conduzido no campo experimental do Departamento de Solos, no campus da Universidade Federal de Santa Maria, no município de Santa Maria - RS, na região da Depressão Central do Estado situada a 29° 42' de latitude sul, 53° 48' de longitude oeste e apresentando altitude aproximada de 95m acima do nível do mar.

3.2. Clima

As médias anuais de temperatura, precipitação e umidade relativa são correspondentes a 19,2°C, 1769 mm e 82%, respectivamente. Segundo a classificação de Köepen o clima é do tipo Cfa - sub tropical úmido. Os dados meterológicos relativos ao período de desenvolvimento das culturas de adubo verde e milho estão representados nas Figuras 1 e 2.

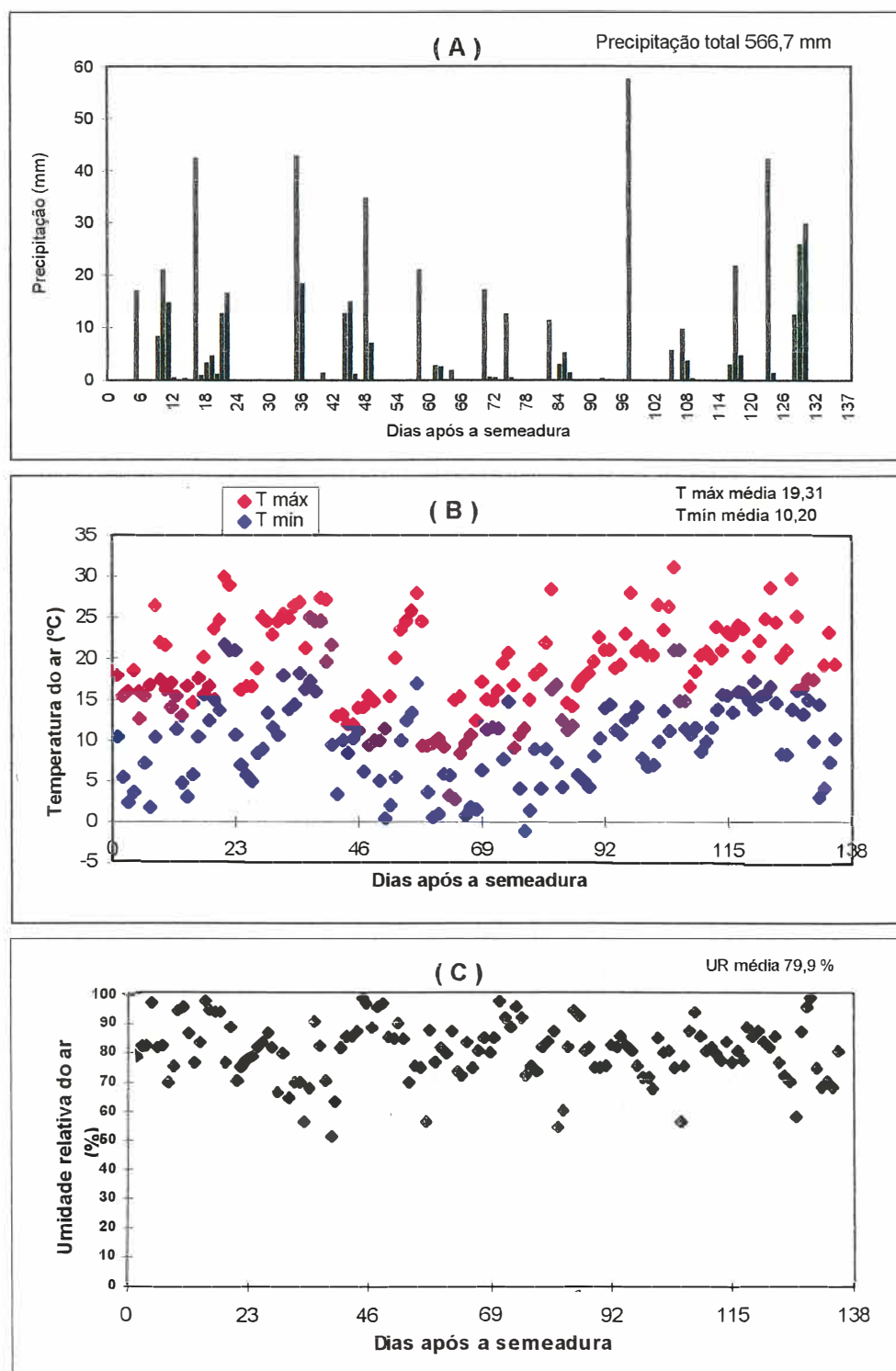


Figura 1. Elementos do clima durante o ciclo de desenvolvimento dos adubos verdes: (A) precipitação ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); (B) temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$); (C) umidade relativa do ar (%).

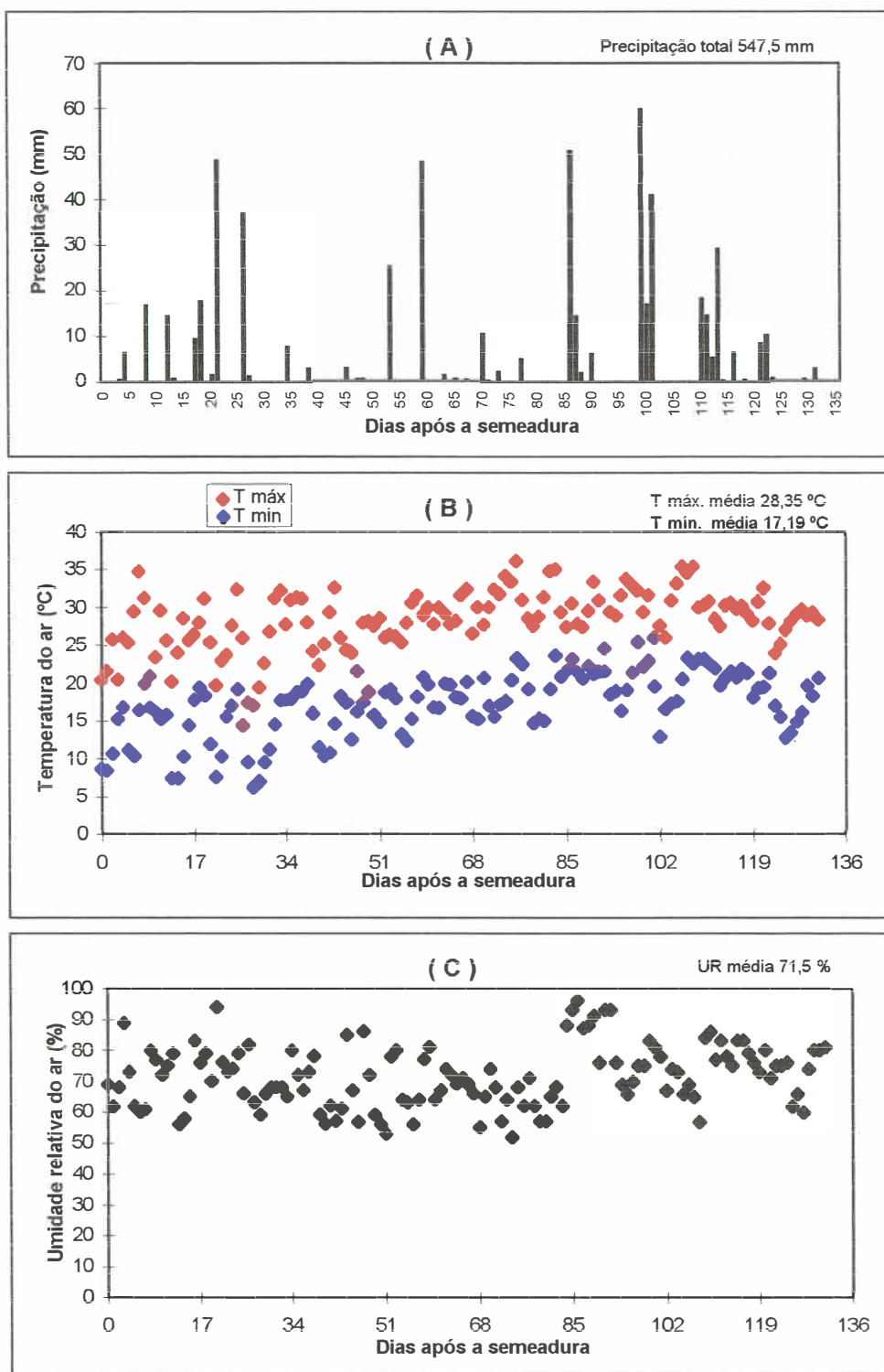


Figura 2. Elementos do clima durante o ciclo de desenvolvimento da cultura do milho: (A) precipitação ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$); (B) temperaturas máximas e mínimas do ar ($^{\circ}\text{C}$); (C) umidade relativa do ar (%).

3.3. Solo

O solo foi classificado como Podzólico Vermelho Amarelo, pertencendo a unidade de mapeamento São Pedro (Brasil, 1973), classe textural 4 com 15% de argila (SIQUEIRA, 1987).

Os principais atributos químicos do solo estão apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1. Principais atributos químicos do solo.

| Prof. cm | pH H ₂ O (1:1) | Ind. SMP | M.O. g.dm ⁻³ | P* mg.dm ⁻³ | K | Ca + Mg | H + Al | Al | T | V |
|-------------|------------------------------|-------------|----------------------------|---------------------------|------------------------|---------|--------|----|----|----|
| | | | | | mmolc.dm ⁻³ | | | | | % |
| 0 - 20 | 5,3 | 6,3 | 17 | 7,9 | 2,2 | 42 | 31 | 4 | 75 | 57 |

* Mehlich 1.

3.4. Tratamentos estudados

Os tratamentos estudados antecedentes a cultura do milho foram relacionados as culturas de ervilhaca comum e aveia preta, isoladamente ou em diferentes proporções em consórcio, conforme observado na Tabela 2.

As duas espécies de adubos verdes de inverno: aveia preta (*Avena strigosa* Schieb.) e ervilhaca comum (*Vicia sativa* L.), foram semeadas no dia 19 de maio de 1992 em diferentes proporções na densidade de semeadura durante o período de inverno, como cultura em sucessão. o milho, semeado uma semana após o manejo das espécies de adubos verdes, ou seja, dia 08 de outubro de 1992.

As parcelas referentes aos tratamentos 7 e 8 permaneceram sob pousio no mesmo período de cultivo dos adubos verdes, isto é, a cobertura do solo foi originada pela presença das plantas espontâneas daquele local. Ressalta-se que

cada parcela foi constituída por 20 m² de área total, perfazendo área útil correspondente a 15,75m².

Tabela 2. Proporção de densidade de semeadura empregados nos adubos verdes.

| Tratamentos | Quantidade de semente (kg ha ⁻¹) | Proporção na densidade de semeadura (%) |
|--------------------------------------|---|--|
| 1 - Ervilhaca comum (E) | 80 | 100 |
| Aveia preta (A) | 0 | 0 |
| 2 - Ervilhaca comum | 72 | 90 |
| Aveia preta | 8 | 10 |
| 3 - Ervilhaca comum | 60 | 75 |
| Aveia preta | 20 | 25 |
| 4 - Ervilhaca comum | 40 | 50 |
| Aveia preta | 40 | 50 |
| 5 - Ervilhaca comum | 20 | 25 |
| Aveia preta | 60 | 75 |
| 6 - Ervilhaca comum | 0 | 0 |
| Aveia preta | 80 | 100 |
| 7 - Pousio de inverno (*) | - | - |
| 8 - Pousio de invernada (test.) (**) | - | - |

(*) Tratamento com 75 kg ha⁻¹ de nitrogênio no milho.

(**) Tratamento sem adubação nitrogenada no milho

3.5. Características das espécies de adubos verdes utilizadas no consórcio

As espécies de adubação verde utilizadas no experimento foram a ervilhaca comum e a aveia preta. As principais características destas espécies, conforme descritas por Joly (1993) e Alcântara & Bufarah (1988), estão descritas a seguir.

3.5.1. Ervilhaca comum

Nome científico: *Vicia sativa* L.

Nome vulgar: ervilhaca comum

Ordem: Rosales

Família: Leguminosae (Fabaceae)

Sub-família: Papilionoideae (=Faboideae)

Origem: Europa

Descrição morfológica: Planta herbácea, anual trepadora, flexível, dotada de gavinhas foliares. Folhas paripinadas com folíolos numerosos, pequenos e elípticos a obovais emarginados. Inflorescência em racemos auxiliares com 1 a 3 flores por axila de 2 a 3 cm de comprimento. Vagens castanhas pouco deiscentes com sementes pequenas.

Características agronômicas: Espécie pertencente a um gênero contendo outras 150 espécies, vegetando em locais temperados. Leguminosa anual, utilizada largamente como forrageira de inverno, mesmo em latitudes mais baixas, onde há suprimento constante de água. Vegeta bem em solos orgânicos e nos argilosos. Responde bem à calagem e à adubação fosfatada. Não suporta o excesso de umidade nem a acidez muito pronunciada; resiste bem ao frio e é adaptada ao pastejo, corte e fenação e também à adubação verde. Produz em torno de 20 a 28 t ha⁻¹ de massa verde e pode ser associada à aveia, centeio, trigo, faláris, festuca, além de outros. Produz abundante massa forrageira no inverno, com alto teor proteico.

3.5.2. Aveia preta

Nome científico: *Avena strigosa* Schieb.

Nome vulgar: Aveia Preta ou aveia brasileira

Ordem: Graminales

Família: Gramineae (Poaceae)

Origem : Europa

Descrição morfológica: Planta anual, ereta, glabra ou pouco pilosa, apresentando espiguetas em pêndulos. glumas subiguais de 1 a 3 cm de comprimento, aristas dorsais retorcidas sobrepassando muito as glumas; ráquila glabra e delgada.

Características agronômicas: Planta anual largamente usada no sul do país, mas também viável nos estados mais ao norte, na época fria do ano e com suprimento adequado de água. Vegeta em diferentes tipos de solos mas prefere os argilosos e limosos onde não haja drenagem deficiente. Solos arenosos sem teores de potássio adequados também são limitantes ao seu cultivo, pois contribuem para a menor resistência a doenças, como ferrugem e míldio, e à seca. Entre as espécies do gênero, esta se destaca por sua maior resistência à ferrugem, e por apresentar rendimentos satisfatórios. É menos sensível a acidez do solo do que o trigo, vegetando bem em solos com pH de 5,0 a 7,0. Responde bem à fertilização nitrogenada e fosfatada. É recomendada para corte ou pastoreio, o qual pode ser iniciado aos 60 dias após a sementeira. Pode ser associada ao azevém, à ervilhaca, ao centeio, ao trevo vermelho ou subterrâneo além de outras. Produz em torno de 4,8 a 6,0 t de matéria seca por hectare.

3.6. Características do híbrido de milho avaliado

O híbrido semeado foi o C-511 produzido pela empresa Cargill e apresenta as seguintes características: Híbrido duplo, ciclo médio (900 U.C.), com melhor desempenho em solos férteis e resposta a utilização de adubos. Apresenta a característica genética denominado “stay green”. Possui um bom sistema radicular e média tolerância à acidez. Tem grande participação no mercado de milho híbrido, principalmente nos estados Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

3.7. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, cujas causas de variância podem ser evidenciadas na Tabela 3.

Os resultados foram analisados estatisticamente usando o programa SAS (“Statistical Analysis System”) através da análise da variância e comparando as médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade (SAS Institute Inc., 1988.)

Tabela 3. Análise da variância.

| Causas da variação | Graus de liberdade |
|--------------------|--------------------|
| Blocos | 3 |
| Tratamentos | 7 |
| Resíduo | 21 |
| Total | 31 |

3.8. Implantação e condução do experimento

O solo, foi preparado pelo sistema convencional, com uma aração, utilizando-se o arado de discos e posterior gradagem, com grade de discos.

Os adubos verdes de inverno foram semeados a lanço, não recebendo nenhuma adubação. Todavia, a leguminosa recebeu inóculo de *Rhizobium* específico.

Na época de pleno florescimento do adubo verde, a consorciação foi acamada com grade niveladora, regulada de forma a promover o mínimo revolvimento do solo.

O milho foi semeado na área contendo resíduos das espécies de adubos verdes, no sistema de plantio direto, utilizando-se espaçamento de 0,9m na entrelinha e perfazendo população de 50.000 plantas ha⁻¹ e recebeu a adubação fosfatada (50 kgha⁻¹ de P₂O₅) e potássica (75 kgha⁻¹ de K₂O), na forma de superfosfato triplo e cloreto de potássio, respectivamente, de acordo com as recomendações provenientes da análise do solo (Siqueira, 1987). Somente nas parcelas do tratamento 7 adicionou-se nitrogênio mineral (75 kgha⁻¹), na forma de uréia, sendo 15kg na semeadura e o restante em cobertura no estágio de 8 folhas.

3.9. Parâmetros avaliados

3.9.1. Adubos verdes

As espécies de adubos verdes foram avaliados através de:

- a) Produção de fitomassa verde e seca da parte aérea das duas espécies.

Foi coletada a fitomassa produzida em uma área de 0,8 m², na época do manejo das espécies (estádio de pleno florescimento), e secada em estufa a 65°C até peso constante;

b) Concentração de nitrogênio e relação C/N na fitomassa da parte aérea.

O nitrogênio da parte aérea foi determinado por meio de destilador de arraste de vapor semi-micro-Kjeldahl, segundo metodologia descrita por Tedesco et al. (1985), e a relação C/N realizado na ocasião do manejo dos adubos verdes, fundamentou-se no fato da matéria orgânica oxidável ser atacada pela mistura sulfocrômica e o excesso do agente determinado por titulação com sulfato ferroso, conforme metodologia de Walkley & Black, descrita por Tedesco et al. (1985).

c) Resíduo vegetal remanescente após 180 dias do manejo das espécies.

A cobertura remanescente foi determinada através da coleta do material, presente sobre a superfície do solo, em uma área de 0,25 m², a qual foi pesada e analisada em laboratório para a determinação do teor de nitrogênio.

d) Nitrogênio liberado após 180 dias do acamamento das espécies.

O nitrogênio liberado pelas espécies foi obtido a partir da diferença entre a quantidade total do nutriente na fitomassa na ocasião do acamamento e a quantidade no resíduo após 180 dias.

e) Produção relativa de matéria seca e concentração de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das plantas na consorciação, conforme descrito por Mead & Willey (1980).

3.9.2. Milho

A cultura do milho foi avaliada, de acordo com os parâmetros abaixo mencionados:

a) Produção de fitomassa seca da parte aérea.

A fitomassa seca foi determinada através da coleta aleatória de 5 plantas por parcela, no estágio de emissão dos estilo-estigmas, as quais foram submetidas a secagem em estufa a 65°C, até peso constante;

b) Concentração de nitrogênio na fitomassa da parte aérea.

O nitrogênio foi determinado de acordo a metodologia descrita por Tedesco et al. (1985), conforme descrito para as espécies de adubos verdes.

c) Rendimento de grãos de milho.

O rendimento de grãos foi determinado mediante colheita manual das espigas presentes na área útil das parcelas (15,75 m²), as quais foram submetidas a debulha. Os grãos resultantes foram pesados e a umidade corrigida para 13%.

d) A consorciação das espécies de adubos verdes foi avaliada mediante a determinação da proporção mais adequada entre ervilhaca comum e aveia preta responsável pelo melhor rendimento de grãos de milho.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Produção de fitomassa verde e seca dos adubos verdes

A Tabela 4 apresenta a análise de variância para as variáveis fitomassa verde e seca. A análise dos resultados não evidenciou efeitos significativos na produção de fitomassa verde em função da consorciação dos adubos verdes; no entanto, houve efeito significativo na produção de fitomassa seca, expressando a existência de diferença de acordo com a proporção utilizada na densidade de semeadura.

Na Tabela 5, observa-se que a produção de matéria seca (MS) total foi estatisticamente igual entre os tratamentos que continham aveia na sua composição, evidenciando a predominância da aveia sobre a ervilhaca, nesse parâmetro. Resultados semelhantes também foram verificados por Ouknider et al. (1991), onde a aveia preta participou em torno de 50% na produção de MS total, com apenas 10% na proporção

de densidade de semeadura, evidenciando que a gramínea é muito mais competitiva no consórcio que a leguminosa. Tal fato é descrito por Monegat (1991) e Fernandes et al. (1991), os quais afirmam que a aveia é uma planta mais rústica e agressiva no seu desenvolvimento, além de apresentar a característica do perfilhamento. Assim, até a proporção de 10% na semeadura, cada percentual adicionado, reflete em uma grande contribuição na produção de MS, porém após este valor sua contribuição foi menor, atingiu 88% da MS com 75% de participação na densidade de semeadura.

Tabela 4. Análise da variância referente a fitomassa verde e seca produzidas pelos adubos verdes.

| FV | GL | QM | F |
|--|----|----------|--------------------|
| Fitomassa verde (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 38978872 | |
| Tratamento | 5 | 46005822 | 1,89 ^{ns} |
| Resíduo | 15 | 24326082 | |
| Total | 23 | | |
| Fitomassa seca (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 1643303 | |
| Tratamento | 7 | 9561612 | 15.72* |
| Resíduo | 21 | 608151 | |
| Total | 31 | | |

*, ^{ns} Significativo e não significativo, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

No presente trabalho verificou-se que todos os tratamentos atingiram essa produção de resíduo, exceção feita aos tratamentos 1, 7 e 8, ou seja, ervilhaca isolada e os dois tratamentos em pousio de inverno.

Tabela 5. Fitomassa verde e seca da parte aérea produzidas pelos adubos verdes (kg ha^{-1}) e porcentagem de aveia na matéria seca total (%).

| Tratamentos | Matéria verde (kg ha^{-1}) | Matéria seca (kg ha^{-1}) | Composição (%) |
|-------------|--|---|-------------------|
| T1 | 16483 | 2730 bc | 0 |
| T2 | 24043 | 4172 ab | 52,2 |
| T3 | 25414 | 4443 ab | 65,5 |
| T4 | 23808 | 4715 a | 78,8 |
| T5 | 25713 | 5192 a | 88,8 |
| T6 | 22659 | 4910 a | 100 |
| T7 | - | 1402 c | - |
| T8 | - | 1450 c | - |
| CV (%) | 21,42 | 21,50 | |
| DMS | 11331 | 1850 | |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

Nas condições de pousio de inverno a produção de matéria seca das plantas espontâneas está em torno de 1450 kg ha^{-1} (Tabela 5), proporcionando baixa produção de fitomassa e, conseqüentemente, menor proteção do solo.

Nos tratamentos com adubação verde, a menor produção foi aquela do tratamento 1 (ervilhaca comum isoladamente 2730 kg ha^{-1}), concordando com os resultados de Ros & Aita (1996), e a maior produção foi no tratamento 5 (5192 kg ha^{-1}); no entanto, não diferiu dos demais tratamentos que continham aveia na consorciação. No tratamento 5, a produção total de MS foi 5% e 47% maior do que aquela correspondente a aveia e ervilhaca cultivadas isoladamente, respectivamente.

Ainda, constatou-se que a produção de matéria seca das espécies foi diretamente proporcional a sua densidade de semeadura

nos tratamentos. Pode-se verificar que no tratamento 2 (90%E + 10%A) houve maior equilíbrio, entre as espécies, na produção de fitomassa (Figura 3), ratificando os resultados obtidos por Caballero et al. (1995).

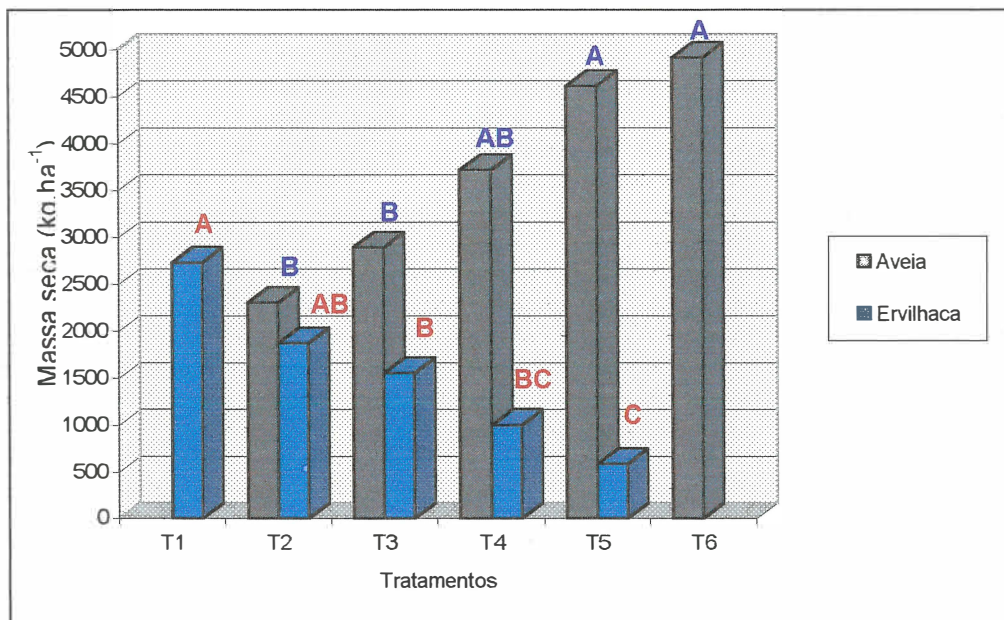


Figura 3. Produção de matéria seca da parte aérea de ervilhaca comum e aveia preta nas proporções de densidade de sementeira. Aveia: cv: 19,13%; dms: 1588,90; ervilhaca: cv: 25,74% dms: 897,46.

Na Figura 3 verificou-se que a produção de MS da ervilhaca exclusiva foi a mais alta entre todos os tratamentos com adubação verde, no entanto não apresentou diferença estatística do tratamento 2, diminuindo a medida que a aveia participou no consórcio. Nas parcelas de aveia também se constatou acréscimo na produção de MS com o aumento da densidade de sementeira; todavia, a produção de MS não apresentou diferença estatística com o tratamento 6 (sementeira de aveia exclusiva), quando a participação dessa espécie na sementeira foi de 50% (T4).

4.2. Produção relativa de fitomassa dos adubos verdes

A produção de matéria seca relativa entre as duas espécies estão representadas na Tabela 6. Pela análise dos dados pode-se constatar que a mesma foi afetada positivamente pelo consórcio. A variação na produção relativa de matéria seca foi de 1,13 a 1,16 nos tratamentos 2 a 5. Resultado semelhante foi obtido por Caballero et al. (1995), em consórcio de aveia com ervilhaca, no qual verificou-se que na relação de semeadura de 9: 1, a favor da leguminosa, a produção relativa de MS foi igual a 1,19.

Tabela 6. Produção relativa de matéria seca e acúmulo de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das plantas na consorciação.

| Tratamento | Produção relativo matéria seca | | |
|------------|--------------------------------|-------|-------|
| | ervilhaca | aveia | total |
| T1 | 1,00 | - | 1,00 |
| T2 | 0,68 | 0,47 | 1,15 |
| T3 | 0,57 | 0,59 | 1,16 |
| T4 | 0,37 | 0,76 | 1,13 |
| T5 | 0,21 | 0,94 | 1,15 |
| T6 | - | 1,00 | 1,00 |

Assim, quando o objetivo for relacionado a produção de MS, a prática da consorciação é um fator positivo, pois apresenta um coeficiente maior que 1. No entanto, a ervilhaca é uma cultura muito mais afetada, pois com 10% de aveia em associação, a sua participação na produção de MS no consórcio caiu para 68% do seu potencial máximo, o mesmo não ocorrendo com a aveia que, com 10% e 75% na semeadura, chega a produzir 47% e 94%, respectivamente, da sua

capacidade máxima de produção de fitomassa. Caballero et al. (1995), quando estudaram esse comportamento com a ervilhaca e aveia concluíram que a participação da gramínea foi menor na produção relativa e obtiveram um efeito negativo quando usaram a proporção de 70:30 e 60:40 de ervilhaca e aveia na associação, respectivamente.

Nas condições do experimento, cabe salientar que as duas espécies se adaptaram satisfatoriamente bem ao cultivo consorciado, configurando alternativa para o cultivo de inverno, protegendo o solo dos efeitos climáticos, principalmente em regiões com alta precipitação durante esse período.

4.3. Concentração de nitrogênio da parte aérea dos adubos verde

Na tabela 7 verifica-se o teor de nitrogênio contido em cada espécie conforme as proporções de semeadura utilizadas em cada tratamento. Pelos resultados obtidos, nota-se que há ligeira tendência de aumento da concentração de nitrogênio na matéria seca da aveia, quando essa é cultivada em associação com a leguminosa, contudo não se constatou diferença estatística entre os demais tratamentos. Essa tendência pode ser atribuída à decomposição de raízes, troca direta de nitrogênio pela raiz, bem como pela queda de folhas da leguminosa durante o ciclo da cultura, antecipando a liberação do mencionado nutriente para a gramínea considerada.

Os resultados da Tabela 7 também corroboram com aqueles obtidos por Papastylianou & Danso (1989), quando estudaram a fixação biológica de nitrogênio na ervilhaca semeada isoladamente e em consórcio com a aveia.

Tabela 7. Concentração de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das espécies de adubos verde de vegetação espontânea.

| Trtamentos | Ervilhaca (gkg ⁻¹) | Aveia (gkg ⁻¹) | Média (gkg ⁻¹) |
|------------|-----------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| T1 | 27,3 | - | 27,3 a |
| T2 | 27,0 | 15,1 | 20,8 b |
| T3 | 27,9 | 14,5 | 19,1 bc |
| T4 | 25,4 | 13,0 | 15,6 d |
| T5 | 27,1 | 12,6 | 14,2 de |
| T6 | - | 11,7 | 11,7 e |
| T7* | - | - | 16,8 bcd |
| T8* | - | - | 16,3 cd |
| CV (%) | 5,58 | 18,31 | 8,94 |
| DMS | 3,39 | 3,70 | 3,75 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

* Referente as plantas espontâneas durante o período invernal (plantas invasoras).

O valor médio de nitrogênio, de cada tratamento, foi obtido a partir da contribuição na produção de MS de cada espécie. No presente trabalho verificou-se que o tratamento 1, apresentou a maior concentração de nitrogênio dentre os tratamentos estudados, sendo os motivos dessa superioridade discutidos anteriormente. Convém salientar que os tratamentos 7 e 8, constituído por plantas invasoras, apresentaram maior concentração desse nutriente do que o tratamento 6, ou seja, parcela cultivada apenas com aveia preta.

A Tabela 8 mostra os valores dos quadrados médios e F da análise de variância do nitrogênio total acumulado na parte aérea dos adubos verdes. Assim, observa-se a existência de efeitos significativos a 5% de probabilidade para as duas espécies utilizadas na consorciação quanto à contribuição de cada espécie na quantidade de nitrogênio acumulado. Os resultados evidenciaram uma variação na quantidade de

nitrogênio acumulada, por hectare, na fitomassa de cada espécie. Tal resultado era esperado, tendo em vista que as espécies estudadas estavam associadas em várias proporções. O nitrogênio total (somatório do nitrogênio da ervilhaca e da aveia) acumulado na fitomassa, também variou, podendo-se atribuir esse efeito à participação da gramínea no consórcio e a representação das plantas daninhas de inverno nos tratamentos 6 e 7

Tabela 8. Análise de variância referente ao acúmulo de nitrogênio na fitomassa da parte aérea dos adubos verdes.

| FV | GL | QM | F |
|---|----|---------|--------|
| N Ervilhaca (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 146,19 | |
| Tratamento | 4 | 2094,98 | 15,68* |
| Resíduo | 12 | 133,65 | |
| Total | 19 | | |
| N Aveia (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 154,92 | |
| Tratamento | 4 | 398,65 | 4,29* |
| Resíduo | 12 | 94,06 | |
| Total | 19 | | |
| N total Ervilhaca + aveia e plantas espontâneas(kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 398,49 | |
| Tratamento | 7 | 2542,65 | 11,56* |
| Resíduo | 21 | 219,93 | |
| Total | 31 | | |

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

Na Figura 4, verifica-se a contribuição de cada espécie e a quantidade total de nitrogênio acumulado na fitomassa da cobertura de inverno. A maior quantidade acumulada foi aquela referente ao tratamento 3 com 85,1 kgha⁻¹, o qual entretanto apenas diferiu estatisticamente dos tratamentos com pousio de inverno (26,6 kgha⁻¹).

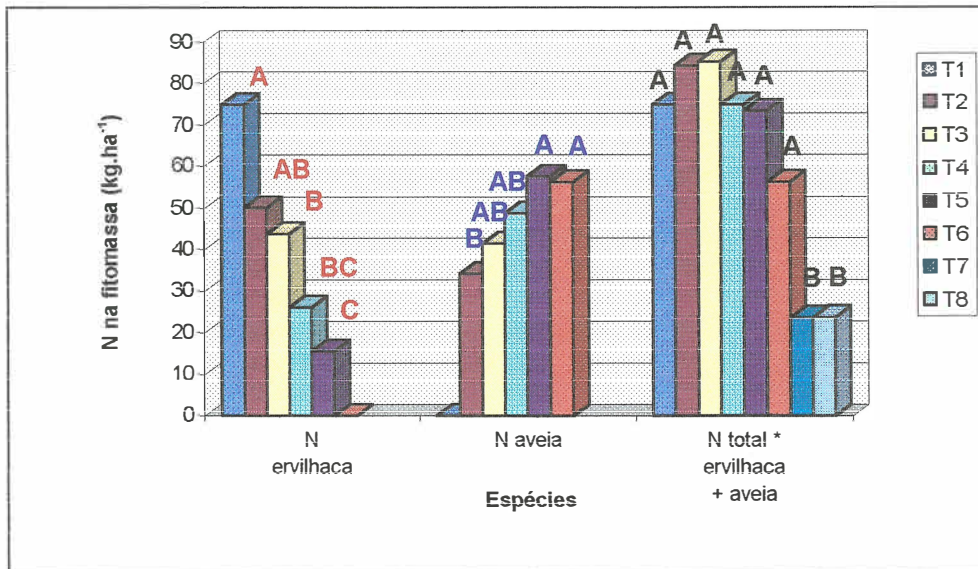


Figura 4. Quantidade acumulada de nitrogênio na fitomassa da parte aérea das espécies de adubos verdes estudados. Aveia: cv: 27,49; dms: 26,05; Ervilhaca: cv: 20,37; dms: 21,86; Total: cv: 23,94; dms: 35,17. * T7 e T8 referente as plantas espontâneas de inverno.

Analisando-se as espécies isoladamente verificou-se a existência de diferença estatística no acúmulo de nitrogênio na fitomassa em relação a densidade de semeadura empregada para as espécies estudadas. A ervilhaca, o tratamento 1 acumulou maior quantidade de nitrogênio atingindo $74,8 \text{ kg ha}^{-1}$, porém não diferiu estatisticamente do tratamento 2. Para a aveia, a maior concentração foi obtida no tratamento 5, acumulando $57,6 \text{ kg ha}^{-1}$; a qual diferiu estatisticamente somente do tratamento 2 ($34,1 \text{ kg ha}^{-1}$).

Embora a quantidade de nitrogênio acumulado na aveia preta, (tratamento 6), tenha sido inferior a do consórcio e da leguminosa, foi maior do que aquela encontrada no tratamento com pousio de inverno. Esse resultado concorda com Ros & Aita (1996) e mostra a importância da cobertura da aveia preta na manutenção do

nitrogênio no solo, contribuindo para a redução do potencial de perdas desse nutriente.

4.4. Acúmulo relativo de nitrogênio na fitomassa dos adubos verdes

A tabela 9 mostra que o nitrogênio total relativo acumulado na fitomassa variou de 1,22 a 1,32 no tratamentos 4 e 3, respectivamente. Assim, quanto ao acúmulo de nitrogênio ser favorecido pelo consórcio é indiscutível, no entanto, é fundamental verificar o teor de carbono na planta, pois estando a gramínea em maior proporção, o nitrogênio acumulado pela planta será utilizado para sua decomposição, causando a imobilização microbiana em função da maior relação C/N (Siqueira & Franco, 1988).

Para a ervilhaca, de modo semelhante ao ocorrido com a produção relativa de fitomassa, o acúmulo relativo de nitrogênio foi muito afetado pelo consórcio. Com apenas 10% de aveia na sementeira, a sua participação no nitrogênio caiu para 67% do acumulado, quando cultivada isoladamente.

A aveia, sendo uma cultura mais rústica e adaptada ao cultivo associado, com 75% na sementeira o conteúdo de nitrogênio foi superior ao acumulado quando cultivada isoladamente. Esse fato pode ser atribuído a decomposição de raízes, bem como a queda e decomposição de folha da leguminosa durante o ciclo do adubo verde.

Na Tabela 9, é possível verificar que para a aveia no tratamento 3, com participação de 25% na sementeira, o acúmulo relativo de nitrogênio foi de 74% do seu potencial. Por outro lado, o cultivo da ervilhaca quando da participação de 25% na sementeira

(tratamento 5), resultou no acúmulo relativo de nitrogênio na fitomassa de apenas 21% do seu potencial máximo.

Tabela 9. Acúmulo relativo de nitrogênio na fitomassa da parte aérea dos adubos verdes estudados.

| Tratamentos | Ervilhaca | Aveia | Total |
|-------------|-----------|-------|-------|
| T1 | 1,00 | - | 1,00 |
| T2 | 0,67 | 0,61 | 1,28 |
| T3 | 0,58 | 0,74 | 1,32 |
| T4 | 0,35 | 0,87 | 1,22 |
| T5 | 0,21 | 1,02 | 1,23 |
| T6 | - | 1,00 | 1,00 |

4.5. Relação C/N e resíduos remanescentes dos adubos verdes

A Tabela 10 apresenta a análise de variância dos valores de matéria seca do resíduo coletado 180 dias após o manejo das espécies e da quantidade de nitrogênio liberado pelo mesmo. Pela análise dos resultados constatou-se que houve diferença significativa nas variáveis matéria seca e quantidade de nitrogênio na fitomassa coletada, no entanto, não se verificou diferença estatística quanto a quantidade de nitrogênio liberado. Esse fato, possivelmente, pode ser atribuído a duração do período de decomposição (180 dias) o qual pode ter sido suficiente para a plena liberação desse nutriente, mesmo por parte das gramíneas.

Tabela 10. Análise da variância referente a matéria seca e nitrogênio no resíduo e nitrogênio liberado pelos dos adubos verdes durante o período de 180 dias após o manejo.

| FV | GL | QM | F |
|--|----|------------|--------------------|
| Matéria seca resíduo (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 446731,56 | |
| Tratamento | 5 | 2097097,60 | 22,52* |
| Resíduo | 15 | 93134,22 | |
| Total | 23 | | |
| N resíduo (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 91,36 | |
| Tratamento | 5 | 111,11 | 6,27* |
| Resíduo | 15 | 17,72 | |
| Total | 23 | | |
| N liberado pelo adubo verde (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 162,22 | |
| Tratamento | 5 | 526,15 | 2,34 ^{ns} |
| Resíduo | 15 | 225,27 | |
| Total | 23 | | |

*, ^{ns} Significativo e não significativo, respectivamente, ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

A concentração de nitrogênio no resíduo e o nitrogênio liberado pelo adubo verde estão apresentados na Tabela 11. O nitrogênio liberado pelo adubo verde foi obtido a partir da diferença entre a quantidade total do nutriente na fitomassa e a quantidade no resíduo após 180 dias. Pode-se observar que a quantidade do nutriente liberado foi muito maior quando a relação C/N foi menor, ratificando os resultados encontrados por Derpsch et al. (1985).

No tratamento 1, constituído somente pela ervilhaca, não se constatou diferença estatística com os demais tratamentos. Com a participação da aveia, na consorciação, a relação C/N ficou mais ampla e, conseqüentemente, a quantidade de nitrogênio liberada foi menor,

atingindo o valor mínimo no tratamento 6 (37,3 kg ha^{-1}), onde a aveia foi cultivada isoladamente.

Tabela 11. Quantidade total de resíduo remanescente, nitrogênio do resíduo e liberado pelos adubos verdes após 180 dias do manejo.

| Tratamentos | Matéria seca (kg ha^{-1}) | N no resíduo (kg ha^{-1}) | N liberado (kg ha^{-1}) |
|-------------|---------------------------------|---------------------------------|-------------------------------|
| T1 | 532 d | 7,6 b | 67,2 a |
| T2 | 1534 c | 17,2 ab | 67,0 a |
| T3 | 1809 bc | 22,1 a | 63,1 a |
| T4 | 1774 bc | 17,4 a | 57,4 a |
| T5 | 2312 ab | 21,6 a | 51,6 a |
| T6 | 2629 a | 18,9 a | 37,3 a |
| CV (%) | 17,29 | 24,03 | 26,24 |
| DMS | 701,11 | 9,67 | 34,48 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O teor de carbono na cobertura verde variou conforme a espécie predominante no consórcio, ou seja, quanto maior a participação da aveia, maior foi o teor de carbono constatado. Dessa forma, na Tabela 12, mesmo que a concentração de nitrogênio tenha sido maior nos tratamentos 2 e 3 a relação C/N foi maior devido aos teores de carbono, 1563 kg ha^{-1} e 1669 kg ha^{-1} , respectivamente, atingindo relação máxima de 33,9 quando a aveia foi semeada isoladamente, concordando com os resultados de Monegat (1991).

A permanência da cobertura morta depende muito da velocidade de decomposição dos resíduos, isto é, quanto mais rápida for a decomposição dos resíduos vegetais menor proteção oferecem ao solo. A decomposição está inversamente relacionada ao teor de lignina e à

relação C/N dos resíduos, assim, quanto maior a relação C/N, mais lenta a decomposição dos resíduos.

Tabela 12. Quantidade de carbono, nitrogênio e relação C/N dos adubos verdes em função da proporção utilizada na semeadura.

| Tratamentos | C (kgha ⁻¹) | N (kgha ⁻¹) | Relação C/N |
|-------------|-------------------------|-------------------------|-------------|
| T1 | 1008 | 74,8 | 13,5 |
| T2 | 1563 | 84,2 | 18,6 |
| T3 | 1669 | 85,1 | 19,6 |
| T4 | 1794 | 74,8 | 24,0 |
| T5 | 1990 | 73,2 | 27,2 |
| T6 | 1904 | 56,2 | 33,9 |
| T7 | 436 | 23,7 | 18,4 |
| T8 | 344 | 23,6 | 14,6 |

De acordo com Sá (1993), um dos pontos que deve ser considerado no aproveitamento e redistribuição do nitrogênio no solo pelas plantas é a relação C/N, a qual influencia na taxa de mineralização, imobilização do nitrogênio pelos microorganismos do solo e a relação oferta e demanda pelas culturas. Com o acúmulo de resíduos vegetais na superfície e, conseqüente aumento da atividade biológica, as reações de mineralização do material orgânico e as transformações do nitrogênio amoniacal são intensas.

A figura 5 apresenta a relação C/N da fitomassa produzida no período de inverno e o resíduo remanescente após 180 dias do manejo dessa cobertura verde. Pelos dados obtidos, observou-se que há uma relação direta do resíduo remanescente com a relação C/N. O aumento da relação C/N se atribuiu a participação da gramínea no consórcio. A gramínea cultivada isoladamente manteve um resíduo de 2629 kgha⁻¹ (relação C/N de 33,9) após 180 dias, sendo que essa quantidade representou 53% da sua produção total.

Com o aumento gradual da participação da leguminosa no consórcio, a relação C/N foi reduzida, atingindo o valor de 18,6 no tratamento 2, enquanto a ervilhaca isoladamente apresentou relação de 13,5, deixando resíduo correspondente a 532 kg ha^{-1} .

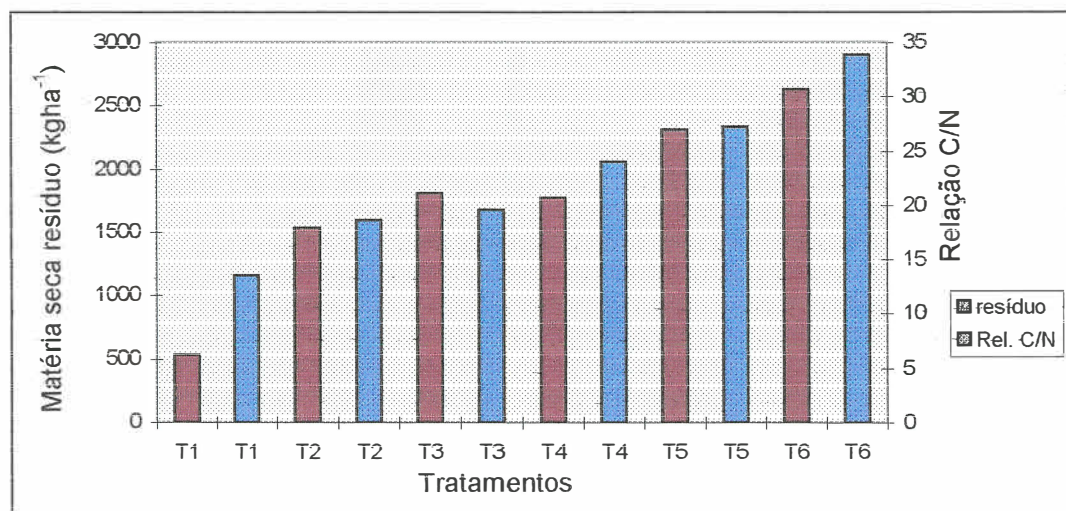


Figura 5. Matéria seca remanescente após 180 dias do manejo e a relação C/N dos adubos verdes na época do manejo.

Assim sendo, quando for efetuado o cultivo sucessivo de gramíneas é necessário a suplementação do nitrogênio imobilizado através de fonte mineral ou orgânica desse elemento.

4.6. Produção de fitomassa seca e absorção de nitrogênio pelo milho

As análises da variância correspondentes a produção de fitomassa seca do milho, concentração e absorção de nitrogênio pelo milho encontra-se na Tabela 13, onde se observa que todas as variáveis apresentaram efeito significativo a 5%. Tais efeitos foram originários da

variação na composição da fitomassa da mistura entre a leguminosa e gramínea na adubação verde.

Tabela 13. Análise da variância referente a produção de matéria seca, concentração e quantidade de nitrogênio absorvido pelo milho.

| FV | GL | QM | F |
|---|----|------------|--------|
| Fitomassa seca (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 558167,50 | |
| Tratamento | 7 | 5809701,27 | 12,69* |
| Resíduo | 21 | 457950,80 | |
| Total | 31 | | |
| Nitrogênio (gkg⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 0,015 | |
| Tratamento | 7 | 0,266 | 13,32* |
| Resíduo | 21 | 0,020 | |
| Total | 31 | | |
| N absorvido (kgha⁻¹) | | | |
| Bloco | 3 | 12,87 | |
| Tratamento | 7 | 647,39 | 20,36* |
| Resíduo | 21 | 31,79 | |
| Total | 31 | | |

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

A produção de matéria seca foi estatisticamente superior nos tratamentos 1 e 7, conforme pode-se observar na Tabela 14, a qual foi diretamente proporcional a quantidade de nitrogênio absorvido. No tratamento 1 (ervilhaca exclusiva), o milho absorveu 57% de nitrogênio a mais do que no tratamento 6, resultados estes concordantes com os obtidos por Danso & Papastylianou (1992).

A cultura do milho absorveu aproximadamente 22% de nitrogênio menos no tratamento 6 em relação ao tratamento 8, evidenciando que a população microbiana imobilizou cerca de 22% desse nutriente para decomposição de resíduos, o que corresponde a

aproximadamente 7 kg ha^{-1} de nitrogênio ou 15 kg ha^{-1} de uréia. No entanto, não foi evidenciado diferença estatística entre eles.

Tabela 14. Produção de matéria seca, concentração e quantidade de nitrogênio absorvido pela cultura do milho.

| Tratamentos | Matéria seca (kg ha^{-1}) | Nitrogênio (g kg^{-1}) | Nitrogênio absorvido (kg ha^{-1}) |
|-------------|---|--------------------------------------|---|
| T1 | 7494,0 a | 7,9 a | 59,3 a |
| T2 | 5867,7 bc | 6,3 cd | 36,9 bc |
| T3 | 6146,2 ab | 6,8 bc | 41,6 b |
| T4 | 4861,6 bc | 6,2 cd | 30,4 bc |
| T5 | 4505,3 c | 6,2 cd | 27,8 c |
| T6 | 4546,5 bc | 5,5 d | 25,2 c |
| T7 | 7543,5 a | 7,4 ab | 55,6 a |
| T8 | 5681,9 bc | 5,6 d | 32,1 bc |
| CV(%) | 11,60 | 6,89 | 14,59 |
| DMS | 1605 | 0,106 | 13,37 |

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.

O nitrogênio absorvido pelo milho foi diminuindo a medida que a aveia participava na mistura, observando-se uma tendência de menor absorção de nitrogênio nos tratamentos com aveia em relação ao tratamento em pousio de inverno, tratamento 8 (testemunha sem cobertura nitrogenada), no entanto, não apresentando diferença estatística, evidenciando a ocorrência de imobilização microbiana de nitrogênio.

A resposta positiva do milho, na absorção de nitrogênio, em sucessão a leguminosa, em relação a aveia preta e pousio, também foi observado por Ros & Aita (1996).

Na Tabela 15 estão representados os valores de nitrogênio total no sistema, proveniente do somatório do nitrogênio das plantas utilizadas na adubação verde adicionado do nitrogênio do tratamento 8

(testemunha). Para isso, partiu-se da premissa que todos os tratamentos continham $32,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio, representado pelo tratamento testemunha.

Pelos dados levantados, constatou-se que praticamente não houve variação no nitrogênio total do sistema, entre os tratamentos que continham adubação verde de inverno, exceto para o tratamento 6, representado pela aveia semeada exclusivamente, o qual prejudicou sensivelmente o milho, em sucessão, por esse nutriente não estar disponível para cultura.

Tabela 15. Nitrogênio total no sistema, nitrogênio do adubo verde absorvido pelo milho e sua eficiência de absorção.

| Tratamentos | N total no sistema (kg ha^{-1}) | N ad. verde absorvido pelo milho(kg ha^{-1}) | Eficiência de absorção do milho (%) |
|-------------|---|---|---|
| T1 | 99,3 | 27,2 | 36,3 |
| T2 | 99,1 | 4,8 | 5,7 |
| T3 | 95,2 | 9,5 | 11,2 |
| T4 | 89,5 | -1,7 | -2,3 |
| T5 | 83,7 | -4,3 | -5,9 |
| T6 | 69,4 | -6,9 | -12,3 |
| T7* | 107,1 | 23,4 | 25,0 |
| T8 | 32,1 | - | - |

* Tratamento com 75 kg ha^{-1} de nitrogênio no milho.

A eficiência de absorção de nitrogênio pelo milho foi melhor no tratamento 1, onde foi cultivada ervilhaca exclusiva, confirmando que a leguminosa libera o nutriente lentamente, possibilitando que a planta em sucessão absorva com maior eficiência. Tal resultado mostrou-se também superior a parcela representada pelo tratamento com 75 kg ha^{-1} de nitrogênio mineral, já que neste o nitrogênio pode estar mais exposto à perdas.

Conforme Sá (1993), quando no período de inverno a adubação verde for efetivada com espécies de gramíneas e a sucessão com outra gramínea, como é o caso do milho, é necessário a suplementação de nitrogênio mineral para planta em sucessão; e também para a decomposição do adubo verde. A não satisfação desse requisito implica na ocorrência de deficiência do nutriente no milho, como pode se verificado na Tabela 15.

O nitrogênio absorvido pelo milho proveniente dos adubos verdes foi obtido a partir da diferença do nitrogênio total absorvido pelo milho em cada tratamento e o absorvido no tratamento 8 (testemunha), considerando-se que a quantidade de nitrogênio do tratamento testemunha estava presente em todos tratamentos. Assim, constatou-se que, a medida que a gramínea aumenta sua participação no sistema, a absorção de nitrogênio proveniente do adubo verde, pelo milho, diminui. A partir do tratamento 4, no qual a proporção de semeadura foi de 50%, para ambas as espécies, verificou-se participação negativa do adubo verde, nesse fim, podendo tal fato ser atribuído a alta relação C/N dos resíduos culturais. Na utilização do carbono na biossíntese e também como fonte de energia, os microorganismos do solo imobilizam o nitrogênio dos resíduos vegetais, inclusive parte do nitrogênio mineral contido no solo, diminuindo a sua disponibilidade para o milho (Ros & Aita, 1996).

A eficiência na absorção de nitrogênio proveniente da adubação verde, por parte do milho, é representada pelo quociente entre a divisão do nitrogênio do adubo verde absorvido pelo milho e o nitrogênio da fitomassa produzida pelo adubo verde. Mediante a avaliação dos dados resultantes, observou-se que até a proporção de 75%E + 25%A (Tratamento 3) com 79 % de aveia na fitomassa total,

houve uma eficiência positiva do emprego dos adubos verdes: no entanto, o aumento da aveia preta no consórcio proporcionou efeito inverso. No tratamento 7, o nitrogênio mineral apresentou eficiência positiva na absorção de nitrogênio pelo milho.

4.7. Rendimento de grãos de milho

A análise da variância do rendimento de grãos de milho está apresentada na Tabela 16, na qual se verifica ter havido efeito dos tratamentos ao nível de 5% de probabilidade. De acordo com o tipo de cobertura de inverno o milho em sucessão é significativamente influenciado, principalmente quanto ao seu rendimento de grãos.

A constatação desse efeito sugere a necessidade da escolha adequada das culturas a serem utilizadas na sucessão ou rotação.

Tabela 16. Análise de variância referente ao rendimento de grãos de milho.

| FV | GL | QM | F |
|------------|--|---------|--------|
| | Rendimento de grãos (kgha⁻¹) | | |
| Bloco | 3 | 180000 | |
| Tratamento | 7 | 4408162 | 16,24* |
| Resíduo | 21 | 271400 | |
| Total | 31 | | |

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo Teste F.

A Figura 6 evidencia que o rendimento de grãos de milho foi significativamente superior nos tratamentos 1 (ervilhaca exclusiva) e 7 com 75 kgha⁻¹ de nitrogênio mineral) quando comparados com os tratamentos constituídos de aveia exclusiva ou em consórcio, bem como constituído de pousio de inverno sem nitrogênio. Estes resultados foram

devido a relação C/N mais ampla das gramíneas, causando maior imobilização do nitrogênio durante a decomposição dos resíduos e, conseqüentemente, menor disponibilidade do nutrientes às plantas de milho. O rendimento de grãos de milho, no experimento, variou de 5436 kg ha^{-1} a 2380 kg ha^{-1} , perfazendo amplitude de 3056 kg ha^{-1} (Figura 6).

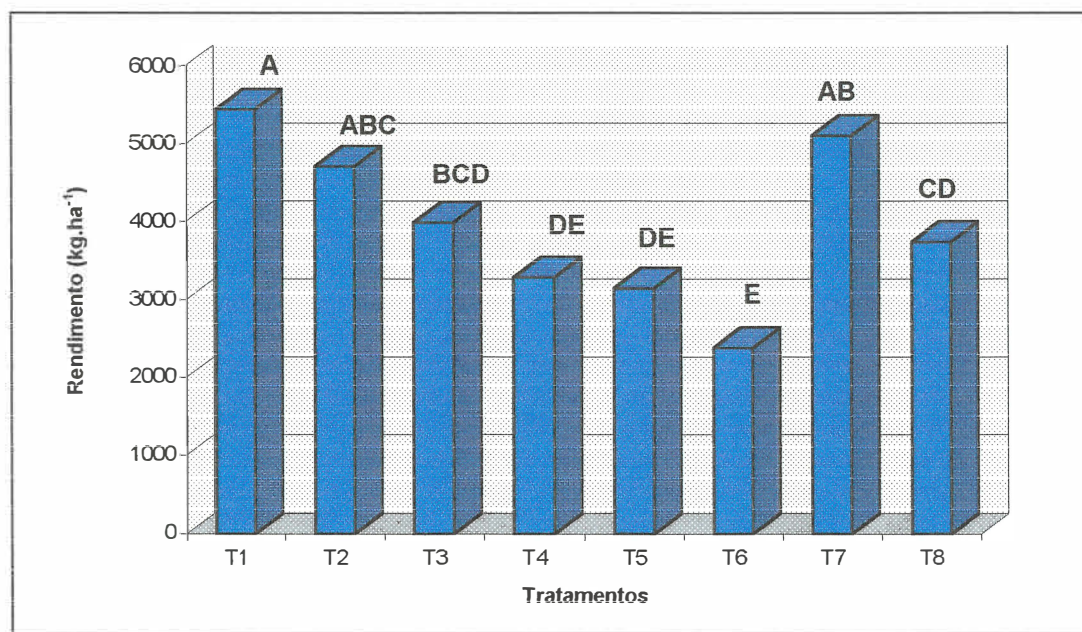


Figura 6. Rendimento de grãos de milho quando cultivado após a adubação verde de inverno. Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste tukey a 5% de probabilidade. CV: 13,12 %; DMS: 1509.

No tratamento 8, o qual estava sob pousio de inverno, o milho produziu 3733 kg ha^{-1} de grãos, sem a participação de nitrogênio em cobertura, ratificando a potencialidade de produção da cultura. Com a aplicação de 75 kg ha^{-1} de nitrogênio, na forma mineral, a produção atingiu 5099 kg ha^{-1} , contribuindo para o aumento de produção de a ordem de 1366 kg ha^{-1} quando comparado com o tratamento 8.

Os tratamentos 4, 5 e 6 apresentaram produções de grãos de milho menores que o tratamento 8, confirmando o déficit de nitrogênio nessa área, já que neles a participação da gramínea na produção de fitomassa foi elevada e dessa forma, reduzindo a disponibilidade de nitrogênio mineral do solo para o milho.

Em suma, a medida que se aumentou a participação da gramínea no consórcio a produção de grãos de milho foi reduzida. No tratamento 3 (50%A + 50%E), no qual a aveia participou com 66% da fitomassa total, o milho apresentou produção semelhante aquela obtida no tratamento 8 (pousio de inverno sem nitrogênio no milho), observando-se, dessa forma, que a partir dessa proporção, a aveia no resíduo resultante provocou a imobilização do nitrogênio do solo pelos microorganismos.

5. CONCLUSÕES

Os resultados do presente estudo permitiram as seguintes conclusões:

1) A consorciação de aveia e ervilhaca como adubo verde, contribuiu para maior produção de fitomassa por unidade de área, favorecendo a manutenção da cobertura morta, em nível adequado, para sistemas de plantio direto.

2) A utilização da ervilhaca como adubo verde, em cultivo exclusivo, incorporou $74,8 \text{ kg ha}^{-1}$ de nitrogênio ao solo, substituindo a adubação nitrogenada na cultura do milho, nas condições do experimento.

3) O aumento da proporção de aveia preta na consorciação com leguminosas, incrementa a produção de fitomassa e sua relação C/N, porém reduz a disponibilidade de nitrogênio para a cultura sucessora.

4) A proporção de densidade de semeadura dos adubos verdes, ervilhaca e aveia preta, influenciaram no rendimento de milho cultivado em sucessão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADUBAÇÃO verde. São Paulo: Nobel, 1988. 64p. (Campo & Cidade, 3).

AITA, C.; CERETTA, C.A.; FRIES, M.R.; TOMAS, A.L. Avaliação de espécies leguminosas de verão para adubação verde, cobertura e recuperação do solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO 18., Guarapari, 1988 **Resumos**. Vitória: SBCS, 1988. p.70-1.

ALCÂNTARA, P.B.; BUFARAH, G. **Plantas forrageiras: gramíneas & leguminosas**. 4. ed. São Paulo: Nobel, 1988. 162p.

AMADO, T.J.C.; ALMEIDA, E.X. **Adubação verde de verão para o Vale do Itajai**. Florianópolis: EMPASC, 1987. 5p.

BAIER, A.C.; FLOSS, E.L.; AUDE, M.I.S. **As lavouras de inverno - 1**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. 172p.

BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito sequencias de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, p. 91-8, jan./abr. 1990.

BRASIL. Ministério da Agricultura. **Levantamento de reconhecimento dos solos do Estado do Rio Grande do Sul**. Recife. Divisão de Pesquisa Pedológica. 1973. 431p. (Boletim técnico, 30).

BROWNING, G.M.; MILAN, F.M. Effects different types of organic material and lime on soil aggregation. **Soil Scienc.** v.57, p.91-106, 1944.

BRUCE, R.R.; HENDRIX, P.F.; LANGDALE, G.W. Role of cover crops in recovery and maintenance of soil productivity. In: HARGROLE, W.L. .ed. **Cover crops for clean water**. Ankeny: Soil and Water Conservation Society, 1991. p.109-14.

CABALLERO, R.; GOICOECHEA, E.L.; HERNAIZ,P.J. Forage yields and quality of common vetch and oat sown at varying seeding rations and seeding rates of vetch. **Field Crops Research**. v.41, p. 135 - 40, 1995.

COSTA, M.B.B.da Coord. **Adubação verde no sul do Brasil**. 2.ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.

CURI, S.M.; SILVEIRA, S.G.P. Controle do nematóide *Meloidogyne incognita*, parasita da soja, em condições de campo. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA 3., Mossoró 1978. **Resumos**. Mossoró: ESAM, 1978 p. 106-7.

- DANSO, S.K.A.; PAPASTYLIANOU, I. Evaluation of the nitrogen contribution of legumes to subsequent cereals. **Journal of Agricultural Science**, v.119, p.13-8, 1992.
- DEBRUCK, J.; BOGUSLANESKI, F.V. Die wirkung der kombination von organischer und mineralischer düngung aufgrund von langjährigen versuchen. **Landwirtschaftliche Forschung**, Frankfurt. v.36, p. 405-18, 1979.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96p. (Documentos IAPAR. 9).
- DERPSCH R.; SIDIRAS, N.; HEINZMANN F.X. Manejo do solo com coberturas verdes de inverno. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, p. 761-73, jul.1985.
- DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KÖPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil**: Sistema de cobertura do solo plantio direto e preparo conservacionista do solo. Deutsche gesellschaft für Technische zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. 1991. 274p.
- EBELHAR, S.A.; FRYE, W.W.; BLEVINS, R.L. Nitrogen from legume cover crops for no-tillage corn. *Agronomy Journal*, v.76, p.51-55, Jan./Fev. 1984.
- FANCELLI, A.L. A importância da cultura de milho no plantio direto. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de Pesquisa de Trigo, **Plantio direto no Brasil**. Passa Fundo: Embrapa, CNPT, 1993. cap. 10, p.119 - 27.

FANCELLI, A.L.; DOURADO NETO, D. **Milho: Fisiologia da produção.** In: Seminário sobre fisiologia da produção e manejo de água e de nutrientes na cultura do milho de alta produtividade. Piracicaba: ESALQ/USP, POTAFOS, 1996. p. 1-30.

FERNANDES, J.M.; FERNANDEZ, M.R.; KOCHMANN, R.A.; SELLES, F.; ZENTNER, R.P. **Manual de manejo conservacionista do solo para os estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina e Paraná.** Passo Fundo: EMPRAPA- CPNPT. 1991. 69p. (Documentos, 1)

FLOSS, E.L. **A cultura da aveia.** Passo Fundo. Faculdade de Agronomia, 1982. 39p. (Boletim técnico, 1).

FONTANELI, R.S.; GIRALDI, H.D. Consorciações de gramíneas e leguminosas de estação fria. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 25., Viçosa, 1988. **Resumos.** Viçosa: UFV. 1988. p.214.

FONTANELI, R.S.; SIMONETTO, C.A.; FONTANELI, R.S.; BARCELA, E. Consorciação de aveia e azevém com leguminosas de estação fria, Passo Fundo, RS, 1989/90. **Boletim de Pesquisa.** "Resultados de Pesquisa em Aveia obtidos em 1989. v.14, n.11. p.80-94. Faculdade de Agronomia, Universidade de Passo Fundo. 1991.

- FONTANELI, R.S.; FREIRE JR., N.S. Consorciações de gramíneas e leguminosas de estação fria. Passo Fundo, RS, 1987/88. In: REUNIÃO CONJUNTA DE PESQUISA DE AVEIA, 8., Porto Alegre, 1988. **Resumos.** Porto Alegre: UFRGS, 1988.
- FRANCIS, C.A. Biological efficiencies in multiple-cropping systems. In: **Advances in Agronomy**, San Diego, v.42, 1989. p.1-42.
- FRYE, W.W.; VRACO, J.J.; BLEVINS, R.L.; SMITH, M.S. CORAK, S.J. Role of annual legume cover crops in efficient use of water and nitrogen. In: HARGROVE, W.L. ,ed. **Cropping strategies for efficient use of water and nitrogen.** Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1988. p.129-54, (ASA-CSSA-SSSA. special Publication, 51).
- FUNDAÇÃO CARGILL. **Adubação orgânica, adubação verde e rotação de culturas no Estado de São Paulo.** Campinas, 1983. 138p.
- GRANATO, L. **Adubação verde arte antiga e ciencia moderna:** uma revolução na economia agrícola nacional. São Paulo: Monteiro Lobato, 1924. 188p.
- HARGROVE, W.L. Winter legumes as a nitrogen source for no-till grain sorghum. **Agronomy Journal**, v.78, p.70-4, Jan./Fev. 1986.

- HEINRICHS, R.; AITA, C.; BRAIDA, J.A.; MISSIO, E. Efeito de três leguminosas de verão no rendimento do milho em sucessão nos sistemas de cultivo mínimo e convencional. In: SALÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 3., Porto Alegre, 1991. **Resumos**. Porto Alegre: UFRGS, 1991. p.51.
- HEINZMANN, F.X. Resíduos culturais de invasoras e assimilação de nitrogênio por culturas de verão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.20 p.1021-30, 1985.
- HELENIUS, J.; JOKINEN, K. Yield advantage and competition in intercropped oats (*Avena sativa* L.) and faba bean (*Vicia faba* L.): Application of the hyperbolic yield-density model. **Field Crops Research**, v.37, p.85-94, 1994.
- INFORZATO, R. Nota sobre o sistema radicular do guandu *Cajanus cajan* (L.) Millsp. e a sua importância na adubação verde. **Bragantia**. Campinas. v.7. p.125-127. 1947.
- JOLY, A.B. **Botânica: introdução a taxonomia vegetal**. 11. ed. São Paulo: Nacional, 1993. 777p.
- KURCHAK, O.N.; PROVOROV, N.A. Responses of hairy vetch (*Vicia villosa* Roth.) and common vetch (*Vicia sativa* L.) to inoculation with rhizobia and to application of carbamide. **Russian Journal of Plant Physiology**, v.42, n.3, p.428-33, 1995.
- LORDELLO, L.F.V. **Nematóides das plantas cultivadas**. 2.ed. São Paulo: Nobel, 1973. 197p.

- MANNERRING, J.V.; MEYER, L.D. The effects of various rates of surface mulch on infiltration and erosion. **Soil Science American Proceeding**, v. 27. p.84-6, 1963.
- MASCARENHAS. H.A.A.; HIROCE, R.; BRAGA, N.R.; MIRANDA, M.A.C.de; et al. **Efeito do nitrogênio residual de soja na produção do milho**. Campinas: IAC, 1983. 24p. (IAC. Boletim Técnico, 58).
- MEAD, R.; WILLEY, R. W. The concept of a land equivalent ratio and advantages in yields from intercropping. **Experimental Agriculture**, v.16. p.217-28, 1980.
- MEDEIROS, G.B.; CALEGARI, A.; GAUDÊNCIO, C. The effects of residues produced by lupin (*L. albus*) and oat (*Avena sativa* Schieb) growing in pure stand and in mixed cropping on corn yields. In: INTERNATIONAL LUPIN CONFERENCE 6., Pucon, 1990. **Resumos**. Pucon: 1990.
- MENDES, C.T. **Adubos verdes**. 3.ed. São Paulo: Secretaria da Agricultura, Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, 1938. 80p.
- MITCHELL, W.H.; TEEL, M.R. Winter-anual cover crops for no-tillage corn production. **Agronomy Journal**, v.69, p.569-73, July/Ago. 1977.
- MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo**: Características e manejo em pequenas propriedades. Chapecó: Ed. do Autor, 1991. 337p.

MUZILLI, O. **Adubação verde como alternativa para a melhoria da fertilidade do solo e racionalização do uso de fertilizantes.** Londrina: IAPAR., v.10, n.68. 1986. p.1-4. (Informe da Pesquisa).

MUZILLI, O. Influência do sistema de plantio direto, comparado ao convencional, sobre a fertilidade da camada arável do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.7, p.95-102, 1983.

MUZILLI, O.; OLIVEIRA, E.L.de; CALEGARI, A. **Adubação do milho.** Campinas: Fundação Cargill, 1989. 29p.

MUZILLI, O; OLIVEIRA,E.L.; GERAGE, A.C.; TORNERO, M.T. Adubação nitrogenada em milho no paraná. III influencia da recuperação do solo com adubação verde de inverno nas respostas à adubação nitrogenada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.18, n.1, p.23-7, jan. 1983.

OLIVEIRA, E. L. Cobertura verde de inverno e adubação nitrogenada em algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). In: REUNIÃO BRASILEIRA DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Resumo.** Piracicaba: ESALQ, 1992. p.284-5.

OSMAN, A.E.; NERSOYAN, N. Effect of the proportion of species on the yield and quality of forage mixtures, and on the yield of barley in the following year. **Experimental Agriculture**, London, v.22, p.345-51, 1986.

- OSMAN, A.E.; OSMAN, A.M. Performance of mixtures of cereal and legume forages under irrigation in the Sudan. **Journal of Agricultural Science**, v.98, p. 17-21, 1982.
- OUKNIDER, M.; JACQUARD, P.; ELKHYARI, D. Concurrence chez *Vicia sativa* L. et *Avena sativa* L. II. Effets des contraintes hydriques et nutritionnelles sur la biomasse et la distribution des ressources. **Agronomie**, v.11, p.821-828, 1991.
- PAPASTYLIANOU, I. The ^{15}N methodology in estimating N_2 fixation by vetch and pea grown in pure stand or in mixture with oat. **Plant and Soil**, v.107, p.183-8, 1988.
- PAPASTYLIANOU, I. Response of pure stands and mixtures of cereals and legumes to nitrogen fertilization and residual effect on subsequent barley. **Journal of Agricultural Science**, v. 115,. p. 15-22, 1990.
- PAPASTYLIANOU, I.; DANSO, S.K.A. Effect of nitrogen fertilization and cropping system of the reference crop on estimation of N_2 fixation by vetch using ^{15}N methodology. **Plant and Soil**, v. 114, p.227-33, 1989.
- POWER, J.F.; FOLLETT, R.F.; CARLSON, G.E. Legumes in conservation tillage systems: a research perspective. **Journal of Soil & Water Conservation**, v.38, n. 3, p.217-8, 1983.

REICOSKY, D.C.: Crop residue management: soil, crop, climate interactions. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. .ed. **Crops residue management**. Boca Raton: Lewis Publ., 1994. (Advances in soil science) p.191-214.

ROS, C.O.da; AITA, C. Efeito de espécies de inverno na cobertura do solo e fornecimento de nitrogênio ao milho em plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 20, p.135-140, 1996.

SÁ, J.C.de M. Manejo da fertilidade do solo no sistema plantio direto. In: EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro nacional de Pesquisa de Trigo, **Plantio direto no Brasil**. Passa Fundo: Embrapa, CNPT, 1993. cap. 4, p.37-60 1993.

SANTOS, H.P.; REIS, E.M. Rotação de cultura. Efeito de culturas de inverno e da soja na evolução dos níveis de nutrientes e de matéria orgânica do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.13, n.3, p. 295-302, set./dez. 1989.

SARRANTONIO, M.; SCOTT, T.W. Tillage effects on availability of nitrogen to corn following a winter green manure crop. **Soil Science Society of America Journal**, v.52, p. 1661-8, 1988.

SAS INSTITUTE INC. **SAS procedures guide**. Release 6.03. Cary, 1988. 441p.

SHARMA, R.O.; PEREIRA, J.; RESCK, D.V.S. **Eficiência de adubos verdes no controle de nematóides associados à soja nos cerrados**. Planaltina, EMBRAPA, CPAC, 1982. 30p. (EMBRAPA/CPAC. Boletim De Pesquisa, 13).

- SHARPLEY, A.N.; SMITH, S.J. Effects of cover crops on surface water quality. In: international conference on COVER CROPS FOR CLEAN WATER, Jackson, 1991. **Proceedings**, edited by W.L. Hargrove. Ankeny: soil and water conservation society, p41-9. 1991.
- SILVA, J.F.F. Reação de genótipos de aveia preta (*Avena strigosa*) às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v16, n.1/2, p. 6-10, 1980.
- SILVA, J.F.F.; CARNEIRO, R.G. Reação de adubos verdes de verão e de invernos às raças 1, 2 e 4 de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, v.16, n.1/2, p. 11-8, 1992.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Bioteecnologia do solo: fundamentos e perspectivas**. Brasília: MEC, 1988. 236p.
- SIQUEIRA, O.J.F. de, Coord. **Recomendação de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Passo Fundo: EMBRAPA, CNPT, 1987. 100p.
- TANAKA, R.T. Adubação verde. **Informe Agropecuário**, v.7, n.81, p.62-7, 1981.
- TEDESCO, M.J.; VOLKWEISS, S.J.; BOHNEN, H. **Análise de solos, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1985. 118p. (Boletim Técnico. 5).

- TOUCHTON, J.T.; RICKERL, D.H.; WALKER, R.H.; SNIPES, C.E. Winter legumes as a nitrogen source for no-tillage cotton. **Soil Tillage Residue**, v.4,p.391-401, 1984.
- TRENBATH, B.R. Biomass productivity of mixtures. **Advances in Agronomy**, v.26, p.177-210, 1974.
- TRIPLETT, G.B. Crop management practices for surface tillage systems. In: SPRAGUE, M.A.; TRIPLETT, G.B. ,ed. **No tillage and surface tillage agriculture: the tillage revolution**. New York: John Wiley, 1986. p. 149-82.
- VIÉGAS, G.P.; FREIRE, E.S.; FRAGA JR., C.G. Adubação do milho. XIV: Ensaio com mucuna intercalado e adubos minerais. **Bragantia**, v.19. p.909-41, 1960.
- WILDNER, L.P.; DADALTO, G.G. Adubos verdes de inverno para o oeste catarinense. **Revista Agropecuária Catarinense**, v.5, n.1, p.3-6, mar, 1992.