

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGROECOSSISTEMAS

**USO DE CULTURAS DE COBERTURA NO MANEJO
DE COMUNIDADES DE PLANTAS ESPONTÂNEAS
COMO ESTRATÉGIA AGROECOLÓGICA PARA O REDESENHO DE
AGROECOSSISTEMAS**

MARCOS ALBERTO LANA

Florianópolis, abril de 2007.

MARCOS ALBERTO LANA

**USO DE CULTURAS DE COBERTURA NO MANEJO
DE COMUNIDADES DE PLANTAS ESPONTÂNEAS
COMO ESTRATÉGIA AGROECOLÓGICA PARA O REDESENHO DE
AGROECOSSISTEMAS**

Dissertação apresentada como requisito parcial à
obtenção do título de Mestre em Agroecossistemas,
Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas,
Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal
de Santa Catarina.

Orientador: Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato

FLORIANÓPOLIS
2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Lana, Marcos Alberto.

Uso de culturas de cobertura no manejo de comunidades de plantas espontâneas como estratégia agroecológica para o redesenho de agroecossistemas/ Marcos Alberto Lana - Florianópolis, 2007.

81 f. :il., grafs., tabs.

Orientador: Paulo Emílio Lovato

Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias.

Bibliografia: f. 70-81.

1. Agroecologia – Teses. 2. Plantio direto – Teses. 3. Culturas de cobertura– Teses. 4. Práticas conservacionistas – Teses.
I. Título.

TERMO DE APROVAÇÃO

MARCOS ALBERTO LANA

USO DE CULTURAS DE COBERTURA NO MANEJO DE COMUNIDADES DE PLANTAS ESPONTÂNEAS COMO ESTRATÉGIA AGROECOLÓGICA PARA O REDESENHO DE AGROECOSSISTEMAS

Dissertação aprovada em 23/04/2007 como requisito parcial para obtenção do grau de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina.

Prof. Dr. Paulo Emílio Lovato
Orientador

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Coordenador do PGA

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Jucinei José Comin
Presidente (UFSC)

Prof. Dr. Miguel Angel Altieri
Membro (UC-Berkeley)

Prof. Dr. César Assis Butignol
Membro (UFSC)

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Membro (UFSC)

Florianópolis, 23 de abril de 2007.

DEDICO

À **Karin Ruth Lana**: tua coragem pra enfrentar as coisas são meu exemplo maior;

Hilbert e Sita Bruch;

Às dificuldades, por criarem a necessidade de melhorar para avançar.

AGRADECIMENTOS

Há muitas pessoas e instituições a quem devo agradecer.
Somos todos um pouco daqueles que nos rodeiam, mas ainda mantendo nossas diferenças.
São os contrastes que tornam a vida algo tão intenso!

Obrigado aos amigos da graduação, época difícil de esquecer. Especialmente ao André Righetto, Daniel Mardula, Donato Seidel Jr., Felipe Romanowski, Gisele Pacheco, Luísa Brusius, Rafael Simoni, Rodrigo Mansani e Marcelo de Oliveira;

Aos amigos do vinho; À Tuca;

Aos muitos agricultores que visitei e me ensinaram coisas. Ao pessoal dos projetos de extensão de leite à base de pasto. Quem dera todos acadêmicos pudessem participar de tão rica vivência!

Amigos do laboratório: Murilo Dalla Costa, José Mário Lobo, Marcelo Zanella, Maiara Leonel;

Círio Parizzoto e pessoal da Estação Experimental da EPAGRI de Campos Novos;

À UFSC, ao CCA, aos departamentos onde trabalhei, ao Mestrado em Agroecossistemas e Capes.

Ao pessoal do SCADRS: Carolina Velloso, Kamilly Amorim, Gabriela Orofino, Cris Eberhardt.

Aos amigos do mestrado André Kieling, Daniel Rosar, Fabiana Thomé, Estevan Munõz, Vanessa Morimoto, Daiane Caporal, Lícia Pereira, Marcelo Farias, Wilton Cordeiro;

Vários professores influenciaram a minha trajetória, especialmente:

Ana Rita Rodrigues Vieira, pela primeira oportunidade, e pelo teu exemplo de luta;
Mário Luiz Vincenzi, pela simplicidade, atenção e sabedoria;
Antônio Carlos Machado da Rosa, por ensinar a perceber.

Aos dois integrantes do trio de Berkeley, com muita saudade daqueles tempos: Diogo Feistauer e Maykol Ouriques. E à Clara Inês Nicholls e Miguel Angel Altieri, que nos adotaram;

Ao irmão que ganhei depois de crescido, Henrique von Hertwig Bittencourt;

Ao mais que orientador e amigo Paulo Emílio Lovato, que me ajudou (muito) a chegar onde hoje estou. Espero algum dia poder retribuir ao menos uma parte da confiança em mim depositada. Obrigado por ser um exemplo de seriedade e competência acadêmica.

Àqueles que ajudaram a me mostrar o mundo, e que hoje me fazem falta: Hilbert e Sita Bruch.

Minha irmã **Kátia**, com todo apoio que me dá. O que nos une é mais forte que qualquer conflito.

À minha Mãe, **Karin**: palavras não são capazes de expressar como és importante para mim.

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO:	13
1.1.	Contextualização da agricultura catarinense.....	15
1.2.	Produção de feijão	17
1.2.1.	Produção de feijão no Estado de Santa Catarina	18
1.2.2.	O sistema de produção	19
1.3.	Transição agroecológica	20
2.	JUSTIFICATIVA:	22
3.	REFERENCIAL TEÓRICO:	23
3.1.	Populações de plantas espontâneas.....	23
3.2.	Práticas de controle convencional de espontâneas em agroecossistemas.....	27
3.3.	O papel das espontâneas em agroecossistemas.....	29
3.4.	Diversidade.....	31
3.5.	Sistema de preparo do solo	32
3.5.1.	O sistema de plantio direto	32
3.5.1.1.	Centeio (<i>Secale cereale</i>).....	36
3.5.1.2.	Ervilhaca (<i>Vicia sativa</i>).....	37
3.5.1.3.	Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i> var. <i>oleiferus</i> Metzg.)	38
4.	OBJETIVOS:	39
4.1.	Gerais:.....	39
4.2.	Específicos:.....	39
5.	METODOLOGIA:	40
5.1.	Local:	40
5.2.	Delineamento experimental:	42
5.3.	Espécies de culturas de cobertura:	44
5.4.	Avaliações:	45
5.4.1.	Biomassa de espontâneas, de culturas de cobertura e feijão:	45
5.4.2.	Cobertura do solo	45
5.4.3.	Degradação da palhada.....	46
5.4.4.	Rendimento do feijão	47
5.4.5.	Índice de biodiversidade:.....	48
5.4.6.	Análise estatística	48
6.	RESULTADOS E DISCUSSÃO:	49
6.1.	Estação das culturas de cobertura de inverno	49
6.1.1.	Cobertura do solo pelas culturas de cobertura.....	49
6.1.2.	Produção de biomassa das culturas de cobertura.	52
6.1.3.	Biomassa de espontâneas durante o ciclo das culturas de cobertura.....	54
6.1.4.	Diversidade nas culturas de cobertura.....	56
6.2.	Estação das culturas de verão	58
6.2.1.	Degradação da matéria morta das culturas de cobertura.....	58
6.2.2.	Biomassa de espontâneas durante o ciclo das culturas de verão	60
6.2.3.	Rendimento da cultura de verão	64
6.3.	Relações entre as variáveis	66
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS:.....	69
8.	CONCLUSÕES:	70
9.	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:.....	71

LISTA DE SIGLAS

PRONAF – Programa nacional de fortalecimento da agricultura familiar;

PD – Plantio direto;

PIB – Produto interno bruto;

CEPA – Centro de estudos de safras e mercados;

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária;

Mg – Megagrama = 1 tonelada;

Ha – hectare;

2,4-D – ácido diclorofenóxiacético;

CTC – Capacidade de troca de cátions;

CIRAM – Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de SC;

Cfa – Clima subtropical mesotérmico úmido com verões quentes;

Cfb – Clima temperado constantemente úmido, sem estação seca definida e com verão fresco;

°C – Graus centígrados;

mm – milímetros;

m² – metro quadrado;

m – metro;

ml – mililitro;

MS – matéria seca.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Abelha coletando pólen em flor de *Sonchus* sp. em Campos Novos, SC.....30
- Figura 2. Sistema radicular de culturas de cobertura em estágio inicial de crescimento.....36
- Figura 3. Mapa do estado de Santa Catarina com destaque para a região de Campos Novos.....40
- Figura 4. Média de temperatura máxima e mínima (°C) em 2005 segundo as estações meteorológicas e distribuição da precipitação média mensal em 2005 segundo das estações meteorológicas em mm para o município de Campos Novos41
- Figura 5. Croqui representando o delineamento experimental do trabalho43
- Figura 6. Sistema utilizado para determinação de cobertura do solo.....45
- Figura 7. A partir de baixo, em sentido horário: biomassa vegetal de culturas de cobertura, envelope vazio com identificação e envelope já com material.....46
- Figura 8. Percentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura, em três épocas de amostragem49
- Figura 9. Índice de diversidade de Simpson para as plantas espontâneas durante o inverno, aos 40, 87 e 112 dias após plantio das culturas de cobertura56
- Figura 10. Massa de resíduos das culturas de cobertura, medidas pelo método de bolsas de decomposição58
- Figura 11. Biomassa de plantas espontâneas no verão, durante o ciclo do feijão, sob diferentes resíduos de cultura de cobertura aos 44 e 101 dias após a semeadura do feijão60
- Figura 12: Rendimento de feijão em áreas anteriormente cultivadas com diferentes culturas de cobertura64

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Tabela 1. Biomassa das culturas de cobertura no inverno, em três coletas a partir da semeadura das culturas de cobertura	52
Tabela 2. Biomassa das plantas espontâneas no inverno, em três coletas a partir da semeadura das culturas de cobertura	54
Tabela 3. Correlações entre as diferentes variáveis avaliadas	66

RESUMO

O manejo das plantas espontâneas é um importante fator na transição para sistemas agroecológicos de produção. Uma das formas de manejo destas populações é o uso de culturas de cobertura do solo para, através de diferentes processos ecológicos, reduzir a população de plantas espontâneas. Com o objetivo de avaliar combinações de culturas de cobertura quanto à supressão de comunidades de plantas espontâneas e rendimento de feijão, foram avaliadas combinações de ervilhaca (*Vicia sativa*), nabo forrageiro (*Raphanus oleiferus*) e centeio (*Secale cereale*), a espécie mais utilizada pelos agricultores da região e que foi testada também em monocultivo. Para essa avaliação mediram-se a cobertura do solo, a biomassa e a taxa de degradação dos resíduos das plantas espontâneas, utilizando a técnica de *litter bags*. Foram medidas a biomassa das plantas espontâneas de inverno e de verão, calculando-se os índices de diversidade e o rendimento do feijão. A combinação das três espécies proporcionou os maiores índices de cobertura do solo, maior velocidade de cobertura, além da mais alta produção de biomassa. Este mesmo tratamento teve a maior taxa de degradação de resíduos vegetais. A biomassa de espontâneas de inverno foi mais alta nos tratamentos testemunha, centeio + nabo e centeio solteiro. A biomassa de espontâneas de verão foi mais alta nos tratamentos testemunha, centeio + nabo e centeio + ervilhaca. Os maiores rendimentos da cultura do feijão foram obtidos com os tratamentos com o trio centeio + ervilhaca + nabo forrageiro e centeio solteiro. Os fatores que mais influenciaram este rendimento foram a cobertura do solo pelas culturas de cobertura e a menor biomassa das plantas espontâneas de verão. Ficou evidenciado que a inclusão de culturas de cobertura permite o manejo de espontâneas de inverno e de verão, e que estão envolvidos mecanismos de alelopatia que necessitam ser investigados.

ABSTRACT

Weed management is one of the main factors in transition to agroecological production systems. The adoption of cover crops is one of the ways to reduce the weed population. This work aimed to identify mixtures of vetch (*Vicia villosa*), fodder radish (*Raphanus oleiferus*) and rye (*Secale cereale*), rye in monoculture – the cover crop most used by farmers in the region – and a fallow treatment to identify the potential in weed reduction and increase in beans yields. Ground cover, weed and cover crop biomass were measured to determine the degradation speed. Mulch degradation was also monitored using the litterbag technique to determine the degradation rate. Weed biomass was calculated to estimate the diversity index. The combination of three cover crop reached reached the highest ground cover, biomass production and mulch degradation rate. The lowest biomass of weeds was observed in the treatments rye + vetch + fodder radish and rye in monoculture, both of which produced best bean yields. The main factors that influenced this yield were the ground cover by the cover crops and the lower weed biomass during the summer. It was evident that the adoption of cover crops allowed the management of weeds during the winter and summer, and that the allelopathic mechanisms involved need more investigation.

1. INTRODUÇÃO:

A forma pela qual os agroecossistemas são atualmente manejados passa por questionamentos de ordem econômica, política, social, ambiental e cultural. Do ponto de vista ambiental, um dos mais sérios questionamentos é o manejo do solo. O sistema convencional de preparo do solo (aração e gradagem, com intenso revolvimento do solo) foi utilizado por muitos anos nos campos de cultivos, principalmente de culturas anuais. A principal motivação para sua utilização consistia no controle das comunidades de plantas espontâneas que competiam com as culturas.

Com o tempo, as práticas empregadas no sistema convencional começaram a mostrar impactos negativos sobre o solo, percebidos na forma de erosão, redução dos teores de matéria orgânica, compactação, perda da camada superficial do solo, entre outros. Aliado aos problemas de ordem ambiental, o custo das operações de preparo do solo tornou este sistema pouco eficiente também do ponto de vista econômico.

Através do desenvolvimento das tecnologias de controle químico de plantas espontâneas na década de 50, foi possível realizar o plantio sem revolvimento do solo, o que originou o sistema de plantio direto (PD). O sistema chegou ao Brasil na década de 70, permanecendo baseado em grande parte baseado na dependência de insumos de síntese química para supressão das culturas de cobertura e de plantas espontâneas. Vários são os debates sobre o uso de herbicidas, principalmente quando em altas doses e em grandes extensões. Entre os problemas de ordem ambiental figura a contaminação de cursos e reservatórios de água, a modificação da fauna e da flora dos campos de cultivo e arredores. Além disso, a dependência de um insumo produzido fora da propriedade, muitas vezes fora do país, de alto custo energético e financeiro, e o risco à saúde são fortes razões para se buscar a eliminação dos herbicidas dos processos produtivos agrícolas. Um exemplo é o dano causado pelo uso de glifosato, princípio ativo de herbicida mais empregado no Brasil, que causa a redução da diversidade e atividade biológica do solo, além de contaminar corpos de água e envenenando anfíbios, diminuindo drasticamente a sua população.

Entre as várias culturas produzidas no sistema de plantio direto, está o feijão (*Phaseolus vulgaris*), alimento básico da dieta nacional, bastante presente nas pequenas unidades de produção familiar, produzido tanto para consumo próprio quanto para comercialização. Por se

tratar de uma cultura anual, de baixo porte, o feijão pode sofrer com a competição das plantas espontâneas, muito freqüentes em solos regularmente trabalhados, como é o caso das culturas anuais. A forma convencional de produção desta cultura requer a aração e a gradagem da área de cultivo para o preparo do solo e a eliminação das plantas espontâneas.

O plantio direto, por outro lado, em função da manutenção de cobertura e distúrbio localizado no solo – na linha de plantio – evita muitos dos problemas do sistema convencional, mas ainda depende da aplicação de herbicidas para supressão das culturas de cobertura ou das espontâneas, que muitas vezes são compostos sintéticos de alta persistência e que podem comprometer o ambiente e a saúde dos trabalhadores e consumidores dos produtos.

Como alternativa ao uso de herbicidas no sistema de plantio direto pode-se manejar as culturas de cobertura visando o controle de plantas espontâneas em níveis que permitam a sua coexistência com as plantas de lavoura e evitando os males do sistema de plantio convencional e do plantio direto com herbicidas. Esta ação se enquadra como um dos passos da transição ecológica, composta por diferentes níveis, onde num primeiro momento ocorre a utilização mais eficiente das ferramentas do sistema convencional, depois uma gradual substituição destes insumos por outros menos agressivos, até finalmente se redesenhar o sistema agrícola dentro de um modelo agroecológico. Para efetuar esta transição nos sistemas de plantio direto, é necessário buscar alguns dos princípios ecológicos que determinam a dinâmica das plantas espontâneas, das culturas de cobertura e da cultura econômica.

Pelo exposto, buscou-se neste trabalho conhecer alguns destes princípios já empregados por alguns agricultores através da observação da dinâmica de ocupação da área pelas diferentes culturas de cobertura e plantas espontâneas, produção de biomassa e velocidade de degradação da palhada, rendimento do feijão e suas correlações.

1.1.Contextualização da agricultura catarinense

O Santa Catarina dispõe de uma estrutura fundiária caracterizada pela predominância de modelo agrícola familiar de pequenas propriedades com uma população rural de 1.065.000 habitantes, perfazendo cerca de 18% da população do Estado (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA, 2004), contando com cerca de 230.000 estabelecimentos rurais, onde a maioria é explorada diretamente pelos proprietários e sua família (LEVANTAMENTO..., 2005).

O Estado é um dos seis principais estados produtores de alimentos e em diversas lavouras e criações apresenta as mais altas produtividades do país. Em 2003, o setor agrícola representava 15,8% do PIB estadual (IBGE, 2007), ocupando nos estabelecimentos rurais 643 mil pessoas, ou 28% da população ocupada no Estado (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA, 2005), e cerca de 85% destes concentravam-se em estabelecimentos de até 50 hectares. Contando com aproximadamente três mil estabelecimentos agroindustriais, os quais empregam cerca de 76.000 pessoas, Santa Catarina ocupa o quinto lugar entre os estados exportadores, e dentre os produtos agrícolas exportados, destacam-se as carnes (aves e suínos), o fumo, as frutas e os produtos do setor florestal (móveis papel e papelão).

Com base nos critérios de classificação do PRONAF, estima-se que a agricultura familiar em Santa Catarina represente um universo de 180.000 famílias, ou seja, mais de 90% da população rural. Estas famílias de agricultores, apesar de ocupar apenas 41% da área dos estabelecimentos agrícolas, são responsáveis por mais de 70% do valor da produção agrícola e pesqueira do estado, destacando-se na produção de 73% do feijão, 67% do arroz, 70% do milho, 80% dos suínos e aves, 83% do leite e 91% da cebola (EPAGRI/CEPA, 2007).

Além desses produtos, é grande a participação da agricultura familiar na produção de mel, alho, batata, fumo, mandioca, tomate, banana e de uma grande variedade de outros hortigranjeiros e frutas.

A agricultura catarinense, em função da modernização excludente hoje observada em alguns setores, apresenta sérios problemas sociais, econômicos e ambientais. Ao lado dos grandes e modernos complexos agroindustriais, há um grande número de pequenas e médias propriedades rurais, produtoras de alimentos básicos matérias-primas, que se encontram em sérias dificuldades e cuja manutenção está seriamente ameaçada.

O nível tecnológico é bastante diversificado e está diretamente relacionado com o grau de rentabilidade das atividades desenvolvidas e nas exportações agrícolas ou com sua escala. Neste aspecto, há ainda potencial para aumento da eficiência dos processos. Em 1995, por exemplo, apenas 9,6% dos produtores empregavam irrigação, 36% não recebiam assistência técnica e a grande maioria carece de conhecimentos sobre técnicas de gestão e controle financeiro. O baixo nível educacional dos produtores contribui para tal (EPAGRI/CEPA, 2007).

Observa-se o processo de crescente exclusão de produtores em algumas cadeias agro alimentares. O baixo nível de renda e a insatisfatória qualidade de vida para boa parte das famílias rurais vêm provocando, nos últimos anos, um êxodo rural em média da ordem de 1% ao ano (2% ao ano entre os jovens), com tendência de aceleração.

Dentre outros problemas para o desenvolvimento da agricultura familiar no estado, além do baixo nível de renda, merecem destaque a degradação dos recursos naturais e as condições precárias no serviço de saúde, a inadequação das habitações, a dificuldade de acesso à terra, a educação formal inapropriada e opções de lazer restritas que são críticas quando comparadas àquelas do meio urbano. Entre as diversas causas desta vulnerabilidade, podem ser apontadas: a) a sub-utilização da mão-de-obra e, em algumas regiões, sua escassez; b) a baixa a apropriação do preço final dos produtos pelos pequenos produtores; c) a predominância de atividades agrícolas que geram pouca renda; d) sistemas de produção inadequados e de alto custo ao produtor (EPAGRI/CEPA, 2007).

Nesse contexto, os sistemas de plantio direto sem o uso de herbicidas podem promover uma melhoria na eficiência dos processos produtivos, eliminação da dependência de insumos, redução dos custos econômicos, dos riscos ambientais e à saúde das pessoas.

1.2. Produção de feijão

Atualmente são produzidos no mundo 19 milhões de toneladas de diferentes tipos de feijão, com o Brasil liderando a produção mundial (três milhões de toneladas anuais, ou seja, 16% da produção mundial), seguido pela Índia (15% da produção mundial) e China (10%) (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA, 2007). Os dados estatísticos disponíveis sobre a produção mundial de feijão são relativamente vagos, uma vez que as metodologias aplicadas pelas instituições responsáveis pelos levantamentos muitas vezes não conseguem coletar os dados necessários pela simples inexistência destes, ou então por erros de registro. Como exemplo se pode citar as estatísticas sobre os países da África, onde em grande parte não há controle sobre as quantidades produzidas ou consumidas, além de confusões entre espécies: por exemplo, a inclusão de espécies do gênero *Vigna* na mesma lista das espécies de *Phaseolus*.

Em âmbito nacional, as diferentes espécies de feijão - *Phaseolus*, na sua grande maioria – são importante componente da alimentação: sozinho, tem alto teor de proteínas, próximo de 25%, além de ser fonte de carboidratos e vitaminas. Também tem altos teores de lisina, um aminoácido essencial. Juntamente com arroz, torna-se uma mistura complementar, sendo o prato básico da dieta alimentar brasileira.

Além da importância nutricional, a cultura do feijão tem uma grande importância para a agricultura familiar por ser uma cultura de subsistência, pela alta necessidade de mão de obra durante o cultivo e pela adequação ao cultivo em sistemas diversificados, como clássico consórcio ou policultivo de milho com feijão, caracterizando-se assim uma cultura adequada à pequena propriedade.

1.2.1. Produção de feijão no Estado de Santa Catarina

Segundo dados do CEPA (2007), a produção catarinense de 2005/06 situou-se em 164 mil Mg, patamar 45% maior que o colhido no ano anterior. Tal desempenho decorreu, além do incremento da área semeada (5,6% na primeira safra e 29% na safrinha), de melhoria do rendimento. No que tange ao rendimento, vale salientar que na primeira safra, apesar das pesadas perdas decorrentes das estiagens, o rendimento médio ainda foi 11% superior àquele da anterior, que também sofreu com a falta de chuvas.

Para a primeira safra catarinense de 2006/07, o último levantamento do IBGE/GCEA/SC (2007) aponta um plantio de 103 mil hectares, ou seja, para um incremento de 13% em comparação ao total cultivado no ano passado.

O crescimento decorreu em particular da transferência de áreas anteriormente cultivadas com milho, uma vez que o mau desempenho dos preços do cereal desestimulou seu cultivo, cedendo espaço não só para o feijão, como também para a soja. Em razão disso e do clima favorável há expectativa de que haja uma boa recuperação do potencial produtivo da cultura, esperando que a produção se situe numa faixa próxima de 177 mil Mg, o que equivale, portanto, a um incremento de 62% em relação à da última safra das águas (CEPA, 2007).

1.2.2. O sistema de produção

Apesar de não existirem dados sobre a área que cada tipo de sistema de cultivo seja praticado, ainda assim se pode inferir uma redução nas áreas de cultivo convencional ano após ano, principalmente pela economia de combustível e de trabalho proporcionado pelo sistema de plantio direto. No entanto, além deste sistema estar fortemente no uso de herbicidas, o cultivo de feijão é muito comum como a segunda lavoura de verão – a safrinha – onde já ocorrem plantas espontâneas que cresceram durante o ciclo da primeira cultura da estação. A falta de maquinários e de tecnologia para o manejo destas plantas dificulta o manejo, criando situações favoráveis ao uso de agroquímicos.

A grande área ocupada pelas lavouras, não só de feijão, mas de outras culturas anuais e perenes, que dependem de herbicidas para controle de espontâneas, dá uma idéia das dimensões dos impactos ambientais, econômicos e sociais do uso de herbicidas, bem como dos procedimentos convencionais de preparo do solo. Como uma forma de amenizar e em parte reverter esses problemas, busca-se uma forma de agricultura onde seja possível conciliar a produção econômica com preservação e recuperação ambiental e a manutenção de relações sociais justas.

Dentro da concepção de novos modelos de desenvolvimento, destaca-se a necessidade de fortalecimento de uma agricultura familiar, de menor escala, diversificada, geradora de trabalho e renda, que garanta saúde, qualidade de vida e dignidade àqueles que dela dependam. Uma das formas de garantir as condições acima descritas é a adoção de sistemas fundamentados na agroecologia, definida por Altieri & Nicholls (2000) como “o enfoque que considera os ecossistemas agrícolas como as unidades fundamentais de estudo; e nestes sistemas, os ciclos minerais, as transformações de energia, os processos biológicos e as relações socioeconômicas são pesquisados e analisados como um todo. Deste modo, à pesquisa agroecológica interessa não só a maximização de um componente particular, mas a otimização do agroecossistema total. Isto tende a focar pesquisas [...] em interações complexas entre pessoas, cultivos, solos, animais, etc”.

1.3. Transição agroecológica

O presente trabalho se encaixa numa transição para um sistema agroecológico. Entre as ações desta transição estão a eliminação de agrotóxicos ou da maioria destes, a maior proteção do solo, um aumento na diversidade de plantas pelo uso de culturas de cobertura, convívio com plantas espontâneas e uma redução na necessidade de insumos externos como fertilizantes e combustíveis. Ainda podem ser levantados fatores econômicos (menor custo de produção) e sociais (menor intensidade de trabalho e possibilidade de inclusão de pequenos agricultores).

Segundo Caporal (2004), o processo de transição agroecológica adquire enorme complexidade, tanto metodológica, tecnológica e organizacional. Gliessman (2000) distingue três níveis do processo de transição:

- 1º nível: incremento na eficiência das práticas convencionais para redução no uso e dependência de insumos caros, escassos ou prejudiciais ao ambiente. Atualmente, a pesquisa agrícola tem se voltado para esta dimensão, resultando em práticas e tecnologias que amenizam o impacto negativo da agricultura convencional;
- 2º nível: substituição de insumos e práticas convencionais, contaminantes e degradadoras, por outras alternativas menos nocivas ao ambiente. Neste nível, os agroecossistemas ficam numa situação intermediária, onde começam a aparecer problemas que ocorrem nos sistemas convencionais. Inicia-se um processo de redesenho do agroecossistema;
- 3º nível: neste nível, o agroecossistema já assume um novo desenho, para potencializar os processos ecológicos numa direção funcional ao homem, que deve ser um guia do processo. A dependência de insumos externos é nula ou muito baixa, e o sistema alcança uma produtividade estável em longo prazo.

Os sistemas de plantio direto convencionais situam-se dentro do primeiro nível, onde ocorre um aumento na eficiência das práticas – no caso, a preparação do solo – mas ainda com uma dependência forte de recursos externos à propriedade como herbicidas. A passagem para o segundo nível da transição agroecológica requer uma nova abordagem das práticas empregadas nos processos produtivos, exigindo uma maior compreensão dos mecanismos atuantes sobre o agroecossistema.

O sistema de plantio direto sem herbicidas encaixa-se entre o segundo e terceiro nível, pois se inicia um redesenho do agroecossistema a partir do uso de diversas culturas de cobertura, além da ocorrência de processos ecológicos de interesse como o controle biológico de insetos praga e ativação da biota do solo, aumentando a ciclagem de nutrientes e a fertilidade do solo. A própria utilização de cultivos intercalares – no caso, as culturas de cobertura – já exigem uma outra postura frente ao sistema produtivo, aumentando assim a complexidade do sistema.

2. JUSTIFICATIVA

O manejo das plantas espontâneas é um dos maiores desafios do sistema de plantio direto e da produção orgânica ou agroecológica em função da sua dependência do uso de herbicidas, sendo assim um obstáculo à transição agroecológica (BARBERI, 2002; PENFOLD et al., 1995; STONEHOUSE et al., 1996; CLARK et al., 1998), exigindo que sejam adotadas outras práticas para o manejo destes agroecossistemas. Entretanto, no momento são poucas as ações neste sentido, atualmente. O plantio direto sem herbicidas, pelas suas características, pode ser um passo na transição do sistema convencional – culturas de cobertura e uso de herbicidas – ao sistema agroecológico, com um sistema redesenhado, mais diversificado e estável, uma vez que reduz a necessidade de mecanização, economiza combustível, não exige tantos insumos, permite a conservação e o enriquecimento do solo – base do sistema produtivo – bem como um aumento na biodiversidade de microorganismos, plantas e animais. O sistema de plantio direto também reduz a intensidade do trabalho por permitir que se executem outras atividades, distribui melhor a mão de obra durante o ano, e permite a inclusão dos pequenos agricultores na atividade.

Como um dos requisitos para mudanças nas práticas agrícolas e ecológicas, é necessário que os agricultores deixem de ser “guiados” e passem a coordenar efetivamente os processos, dependendo menos de insumos e tecnologias externas, bem como passem a criar e a experimentar formas de manejo desenvolvidas por eles mesmos. Nos sistemas de PD isto ocorre pela possibilidade de produção das sementes na propriedade, além da seleção de materiais mais adequados para cada condição.

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Populações de plantas espontâneas

As plantas espontâneas receberam tal denominação após muitos embates acerca de sua definição. Até pouco tempo atrás o termo erva daninha era o mais comum, mesmo com as discussões sobre sustentabilidade, aprofundamento dos conhecimentos sobre a ecologia das plantas espontâneas e o início de abordagens mais amplas. Diferentes termos passaram a ser utilizados, mas nem sempre aceitos por determinados grupos, podendo ser encontrados vários termos que designam ou englobam o mesmo grupo de plantas:

- Plantas espontâneas;
- Plantas indesejáveis;
- Plantas invasoras;
- Plantas infestantes;
- Plantas pioneiras;
- Plantas indicadoras.
- Vegetação residente;
- Ervas daninhas;
- Vegetação natural;
- Mato;
- Inço;

Cada uma destas definições carrega consigo conceitos distintos e, de certa forma, permite identificar qual a visão do sujeito ou ator sobre aquela comunidade de plantas. Para este trabalho, o termo adotado desde o início foi planta espontânea, por se entender que este organismo surge, de certo modo, espontaneamente, por fazer parte daquele ambiente ou do banco de sementes presente no local ou seu entorno, ainda que isto ocorra pela formação de condições adequadas ao desenvolvimento desta, ou ainda por fatores limitantes a outras espécies, sendo assim a única ou uma das poucas com condições de se desenvolver em um ambiente muito degradado. O julgamento de valores – bom, ruim, indiferente – deve ser avaliado em cada situação. A própria noção de planta espontânea é essencialmente antropogênica: estas espécies existem já há muito

tempo, mas a noção de espontânea não existia antes da humanidade (CRAFTS, 1975 apud RADOSEVICH et al, 1996). Esta idéia, inclusive, não pode ser atribuída a uma determinada espécie de forma global, uma vez que as plantas espontâneas sofrem constantemente transformações, sendo em determinado momento ou local consideradas úteis, para depois se tornarem prejudiciais, e vice-versa. Harlan (1955) afirma que se uma planta espontânea – adaptada ao ambiente de cultivo – tem alguma importância, como sementes, raízes, folhas e talos comestíveis, ou ainda produz algum óleo ou composto medicinal, esta logo será empregada na agricultura, como no caso de ervilhas, mostarda, aveia e centeio. O mesmo relata que Vavilov (1952) cita o caso do centeio no Afeganistão: nas áreas mais baixas, o trigo é a cultura mais comum, e a medida que se aumenta a altitude, as lavouras passam a ser cada vez mais infestadas por centeio, chegando a um ponto em que o solo é varrido antes do cultivo do trigo para eliminação das sementes de centeio. Já os agricultores das altitudes mais elevadas, frente ao insucesso das práticas de controle do centeio, passaram a adotar este como cultivo principal. O primeiro relato de agricultores considerando as plantas espontâneas pragas data de 600 a.C. (LI, 1987 apud AGGARWAL et al, 1992).

As plantas espontâneas existem como uma categoria entre os demais integrantes do reino *Plantae* em função da habilidade humana de selecionar por características conhecidas (RADOSEVICH, 1996). Este grupo de plantas é geralmente reconhecido no mundo como sendo prejudicial, uma praga econômica. No entanto, é necessário ressaltar que o valor de cada planta é inquestionavelmente determinado pela percepção dos observadores. Como exemplo, pode-se citar o capim marmelada (*Brachiaria plantaginea*), gramínea anual que provoca prejuízos em cultivos anuais, mas que é uma pastagem de alta qualidade, ou a guanxuma (*Sida rhombifolia*), que auxilia na recuperação de solos compactados. Outros exemplos podem ser plantas que podem ser consideradas espontâneas em algumas situações, mas são de grande importância à humanidade são o trevo branco (*Trifolium repens*), azevém (*Lolium multiflorum*), capim colônia (*Panicum maximum*), entre outras espécies de grande importância. Existem algumas características que são comuns à maioria das plantas espontâneas, citadas a seguir conforme Baker (1974):

- Fatores ambientais necessários à germinação atendidos em vários ambientes;
- Germinação descontínua (controlada por fatores internos) e sementes com grande longevidade;
- Floração em curto espaço de tempo após germinação;

- Produção de sementes contínua, enquanto as condições ambientais permitirem;
- Autocompatibilidade (ocorrência de auto-polinização), mas não autogamia (reprodução com menos de 5% de polinização cruzada) ou apomixia (produção de sementes por meios assexuais);
- Polinização cruzada, quando acontece, é realizada por organismos não especializados ou pelo vento;
- Produção de sementes altamente variável, de acordo com as condições ambientais;
- Adaptações para dispersão em curta e longa distância;
- Reprodução vegetativa intensa e / ou regeneração de fragmentos em plantas perenes;
- Habilidade para competição interespecífica (estruturas de proteção, gavinhas, compostos alelopáticos, crescimento acelerado).

Várias são as definições do que são plantas espontâneas, algumas muito amplas, genéricas e superficiais, como a da Weed Science Society of America, formulada em 1994, que considera “qualquer planta que interfere nas atividades ou bem estar do homem”. Este tipo de definição permite a inclusão de virtualmente qualquer planta, sendo assim de difícil aceitação.

As plantas espontâneas reduzem a produtividade das culturas vegetais através da competição por recursos e da contaminação das colheitas (PEACHEY et al, 2004). O número de plantas espontâneas que emerge do início da estação determina o nível de competição por recursos com a cultura e decide qualquer intervenção adicional necessária para regular a competição (DIELMANN et al, 1996, apud PEACHEY et al, 2004).

O nível inicial da germinação de espontâneas determina a efetividade de subseqüentes intervenções como o uso de cultivadores ou herbicidas. A emergência das plantas é determinada pelo banco de sementes e a fração destas sementes que venham a germinar, emergir, e sobreviver aos processos culturais. Além de herbicidas pré-emergentes, poucas são as práticas utilizadas para reduzir a proporção de sementes de espontâneas que germinam.

A aração na primavera provoca aumento na emergência de plantas espontâneas anuais, e é geralmente sincronizada com a emergência das culturas comerciais. Este fator é atribuído à forte periodicidade na germinação das plantas espontâneas: além da exposição das sementes a fatores que promovem a germinação, como luz e temperatura, a preparação do solo reduz a resistência

mecânica do solo para as sementes enterradas. Esta mudança radical e abrupta do ecossistema causa uma série de desequilíbrios, deixando o sistema muito instável.

A eliminação de práticas de preparo do solo na primavera é comum nos sistemas de plantio direto e de cultivo mínimo, reduzindo a emergência de plantas espontâneas através de mecanismos que dificultam a germinação e emergência. Entre eles, modificações no microambiente do solo, alterando a dinâmica térmica e luminosa, além da barreira física. Muitas divergências ainda acontecem neste campo, visto que vários experimentos mostraram que a emergência de plantas espontâneas no verão parece aumentada nos sistemas de plantio direto (BUHLER, 1992; MOHLER & CALLOWAY, 1992; ORYOKOT *et al*, 1997; TEASDALE & MOHLER, 2000; PEACHEY *et al*, 2004), ao passo que outros trabalhos mostram o contrário (FROUD-WILLIAMS *et al*, 1984; MOHLER & CALLOWAY, 1992; DAROLT, 1997). A acumulação de sementes de plantas espontâneas próximas à superfície do solo em sistemas de plantio direto pode, em parte, explicar estas inconsistências: mesmo que a proporção de sementes do banco de sementes do solo seja baixa, a concentração de sementes de espontâneas na superfície do solo já é suficiente para promover a formação de uma grande população, eventualmente até maior do que no sistema de plantio convencional.

3.2. Práticas de controle convencional de espontâneas em agroecossistemas

Desde o advento do herbicida 2,4-D em 1941, o controle de plantas espontâneas em grande parte dos agroecossistemas estava focado quase exclusivamente na erradicação de populações através do desenvolvimento e implementação de tecnologias agroquímicas.

Inicialmente, muitos dos novos herbicidas foram considerados soluções mágicas: baratos, convenientes, efetivos e no aspecto ambiental, soluções benignas frente aos problemas causados pelas plantas espontâneas (PERRIN, 1997). Apesar do sucesso em termos de rendimento e eficiência de trabalho, esta abordagem foi criticada como ambientalmente, socialmente e economicamente insustentável (TILMAN et al, 2002; ROBERTSON & SWINTON, 2005).

Existem três grandes razões pelas quais as estratégias convencionais de controle de espontâneas em agroecossistemas têm sido problemáticas: primeiro, o conceito que permeia a maior parte das estratégias de controle são baseadas no paradigma de que plantas espontâneas são fatores externos, danosos, trazendo somente impactos negativos sobre as atividades ou o bem-estar dos humanos (TIMMONS, 1970); até pouco tempo atrás, a visão de plantas espontâneas como organismos indesejáveis que devem ser erradicadas direcionava os planos de trabalho de maior parte das pesquisas nessa área (APPLEBY, 2005). Esta forma de abordagem limitou severamente os avanços de pesquisas sobre a biologia e ecologia das espontâneas.

O segundo ponto é que, até recentemente, as pesquisas sobre espontâneas eram focadas quase exclusivamente na resposta destas em termos de espécie, ao invés de analisar respostas e alterações em padrões populacionais ou comunidades (ZIMDAHL, 2004). Houve ao menos três conseqüências desta abordagem centrada nas espécies: a perda da variação do potencial invasivo e o impacto de uma espécie em escala populacional ou da comunidade, o que levou à adoção de práticas de manejo economicamente e ambientalmente caras além do que o necessário (SHAW, 2005). Outro fator subestimado foi o potencial de alteração nas comunidades de plantas espontâneas resultante de diferentes práticas agrícolas (BOOTH & SWANSON, 2002). Finalmente, houve poucas oportunidades para descoberta e manipulação de interações sinérgicas entre espécies dentro de agroecossistemas que reduzam a necessidade de práticas de controle de espontâneas (ALTIERI, 1999).

O terceiro problema do controle convencional é que este foca a eliminação de espontâneas através do uso de agroquímicos ou distúrbios mecânicos. No entanto, mantendo o foco na

remoção de espontâneas sem abordar o papel dos distúrbios e da disponibilidade de recursos, as práticas de controle têm ignorado as condições ambientais nas quais as espontâneas são particularmente bem adaptadas a explorar (CLEMENTS et al, 2004; ZIMDAHL, 2004).

Além disso, estratégias de controle têm contribuído para altas taxas de distúrbio e redução de ambientes competitivos entre plantas cultivadas e espontâneas, fatores primários responsáveis pela prevalência das últimas em agroecossistemas.

3.3. O papel das espontâneas em agroecossistemas

Como cientistas e agroecologistas vêm reconhecendo as limitações das estratégias predominantes de controle de espontâneas, surgem novas idéias sobre o papel destas em sistemas de cultivo (JORDAN & VATOVEC, 2003; CLEMENTS et al, 2004). Muito deste entendimento foi ganho através da mudança de foco da idéia de controle (supressão) para manejo, que põe grande ênfase na prevenção dos problemas causados por estas plantas, e não simplesmente a sua eliminação (BUHLER et al, 2000). Isto levou a reavaliação do paradigma das espontâneas e seus impactos nos agroecossistema.

As práticas de controle convencionais de espontâneas têm sido baseadas na premissa de que elas sempre afetam negativamente o rendimento das culturas, e que por isso devem ser eliminadas (TIMMONS, 1970). Como essas plantas interferem nas cultivadas, o tema da competição espontânea-cultura é mais complexo do que previamente se pensava (ZIMDAHL, 2004), envolvendo a necessidade de conhecimentos mais aprofundados em ecologia, fitossociologia, entre outras áreas de conhecimento, aumentando a complexidade da situação. A solução imaginada foi então a simples eliminação das plantas espontâneas, e não a tentativa de manejo ou alteração do sistema para possibilitar uma coexistência.

Comparações entre sistemas manejados de forma orgânica e convencional geralmente mostram rendimentos compatíveis, a despeito da maior abundância de espontâneas nos sistemas orgânicos. Uma das razões é que o as espontâneas competem com os cultivos durante um período de tempo relativamente curto; segundo, o manejo de espontâneas durante este período, após a emergência das culturas, pode minimizar seus impactos (KNEZEVIC et al, 2002). Isto ocorre porque existem momentos em que os cultivos são mais sensíveis à competição por recursos, e uma menor competição nesta fase favorecerá a melhor instalação das culturas, possibilitando que mais tarde estas possam conviver com as espontâneas, mas em vantagem competitiva.

Abordagens alternativas necessitam de um manejo intensivo das plantas espontâneas, através do aumento e diversificação de fatores de estresse e mortalidade que atuam sobre estas, ou pela alteração da dinâmica do ciclo de nutrientes (LIEBMAN & GALLANDT, 1997). Por exemplo, alterar o tipo ou a época da aplicação de nutrientes ou práticas que causem algum distúrbio pode mudar o balanço competitivo entre espontâneas e culturas (PIMENTEL et al, 2005), tornando o sistema das culturas econômicas menos suscetível à impactos negativos.

Finalmente, existem algumas espontâneas que podem prover serviços benéficos em agroecossistemas, participando da chamada “biodiversidade funcional”, termo que designa a ocorrência, entre diferentes organismos, de sinergismos que auxiliem processos ecológicos no agroecossistema. Como exemplo, pode-se citar a atividade biológica no solo, a ciclagem de nutrientes, a regulação populacional, a criação de habitats e zonas de refúgio para manutenção de maior diversidade dentro e ao redor das áreas de cultivo, entre outros.

Espontâneas podem atuar como culturas de cobertura, armazenar nutrientes que serão liberados e absorvidos pelas culturas subseqüentes, bem como prevenir a erosão dos solos, entre outros. Espontâneas leguminosas, por realizarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, comprovadamente reduzem a necessidade de fertilizantes nitrogenados (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002). Algumas também modificam a microbiota do solo, mudam a abundância de fungos simbióticos, ou tornam o ambiente menos favorável para outras espécies de plantas espontâneas, além da estruturação do solo, dispensando o uso de implementos como subsolador (KREMER & LI, 2003; HART & TREVORS, 2005; VATOVEC et al, 2005). Em adição, habitats ocupados por plantas espontâneas podem prover recursos para predadores de sementes de plantas espontâneas e outros organismos que têm impactos negativos nos campos de cultivos. Esses habitantes também podem servir de refúgio e fonte de alimento (Figura 1) para insetos benéficos que polinizam culturas e predam pragas das lavouras (ALTIERI & NICHOLLS, 1999), ou ainda provêm recursos para uma diversificação da paisagem (KLEIJN & SUTHERLAND, 2003).

3.4.

Figura 1. Abelha coletando pólen em flor de *Sonchus* sp. em Campos Novos, SC. Nota-se a presença de folhas de ervilhaca e nabo forrageiro. Neste caso, a planta espontânea é alimento alternativo durante o inverno.



Diversidade

As plantas espontâneas aumentam a diversidade das áreas de cultivo, possibilitando vários dos benefícios acima descritos. A determinação da diversidade é importante pois facilita a escolha e idealização de sistemas que apresentem maior diversidade, mas sem concorrer com as culturas principais. Esta diversidade pode ser mensurada através de índices de diversidade, já utilizados amplamente em estudos de ecologia. Dentre os diferentes índices existentes, os mais utilizados são o de Simpson, Shannon-Wiener e Brillouin.

Grosso modo, os índices de biodiversidade podem ser divididos em dois tipos (KREBS, 1998):

Tipo I: índices mais sensíveis a alterações em espécies raras na amostra da comunidade;

Tipo II: maior sensibilidade para alterações nas populações de espécies abundantes.

Segundo Krebs (1998), o índice de Simpson – tipo II – sugere que a diversidade é inversamente relacionada à probabilidade de que dois indivíduos coletados aleatoriamente pertençam à mesma espécie. Numa simplificação, o índice de Simpson valoriza as espécies mais freqüentes, enquanto os índices de Shannon-Wiener e Brillouin se prestam a avaliar populações com presença de espécies raras, que por sua vez passam a ter maior peso. No caso do sistema estudado, o objetivo foi verificar quais as espécies têm maior freqüência (em termos de biomassa, não indivíduos), logo, maior importância dentro do sistema. Já o índice de Brillouin, apesar de ser um índice de tipo II, necessita do número de indivíduos para execução dos cálculos, não podendo assim ser empregado em razão da utilização da biomassa como parâmetro de avaliação.

3.5. Sistema de preparo do solo

Entende-se por preparo de solo as ações realizadas para alterar o solo para as condições mais adequadas ao plantio, como descompactação, eliminação de torrões, crostas, inversão de camadas, incorporação de material vegetal, etc.

No modelo convencional de cultivo de grãos, o manejo do solo é realizado com várias operações de preparo, como arações e gradagens. Somando-se as diversas operações de cultivo, numa safra uma máquina pode passar sobre o mesmo local até 15 vezes (EMBRAPA SOJA, 2005). Esta forma de preparo do solo, principalmente quando feita em condições e com equipamentos inadequados tem causado a desestabilização da estrutura do solo (compactação), redução da matéria orgânica (FONTANETTO & KELLER, 2001) e eliminação da cobertura deste. Em consequência ocorre erosão, resultando em perdas de solo e nutrientes, além da redução da retenção de umidade e da atividade biológica. É necessário ressaltar os impactos negativos da perda da matéria orgânica do solo, pois esta influencia diretamente a capacidade de troca de cátions (CTC), as características físicas do solo como a formação de agregados estáveis, porosidade e retenção de umidade (VARGAS & HUNGRIA, 1997), além da atividade biológica, requisitos básicos para um solo de qualidade.

3.5.1. O sistema de plantio direto

O plantio direto pode ser definido como a operação de semeadura das culturas em solos não preparados mecanicamente, nos quais se abre um sulco, que somente tem a largura e a profundidade suficiente para obter a cobertura da semente, sem qualquer outra preparação mecânica (PHILIPS & YOUNG, 1973). O único distúrbio no solo é causado pela semeadora - e de forma localizada – que corta a palhada e o solo na linha de plantio. Também consiste na manutenção de uma cobertura sobre o solo – resteva da cultura anterior ou de culturas de cobertura – posteriormente suprimidas através do uso preponderante de herbicidas dessecantes ou do rolo faca. Esta descrição compreende o sistema de plantio direto mais empregado atualmente, considerando ainda diferentes variações, como os sistemas sem uso de herbicida.

Os sistemas de plantio direto oferecem vantagens pela proteção e melhoria da condição do solo, bem como dos cultivos. Estes sistemas devem produzir uma grande quantidade de matéria seca pelas culturas de cobertura, podendo assim formar uma boa proteção ao solo, ciclar uma

maior quantidade de nutrientes, além de interferir na germinação e desenvolvimento das plantas espontâneas, favorecendo assim as culturas econômicas.

As origens do plantio direto são tão antigas quanto as da própria agricultura, uma vez que para o plantio das sementes eram feitas covas no solo com pedaços pontiagudos de madeira. Ainda hoje, em alguns lugares da América Central, camponeses utilizam somente facões ou machetes para cortar a vegetação espontânea rente ao solo, enleirar e semear milho e feijão nos espaços livres (MUZILLI, 1999). Com o aumento populacional, a demanda por alimentos cresceu. As terras, cultivadas até o declínio da fertilidade e depois mantidas em pousio ou descanso - para recuperação da fertilidade - começaram a ser utilizadas de forma contínua. A fertilidade era, então, mantida principalmente pela adição de adubos orgânicos.

Com o avanço da agricultura, houve ocupação de novas áreas, expansão das fronteiras agrícolas, aumento na produção, uso intenso de insumos e mecanização. O revolvimento do solo favorecia a degradação da matéria orgânica, que por sua vez liberava nutrientes e melhorava a nutrição das plantas, resultando em maior produção mas com efeitos colaterais graves. Mais recentemente, no fim dos anos 40, foi dada atenção à redução do revolvimento do solo a partir do uso de reguladores de crescimento, desenvolvidos durante a Segunda Guerra Mundial (PHILLIPS & PHILLIPS, 1984, apud DERPSCH, 1998). Após a descoberta da molécula de Paraquat, em 1945, houve um aumento nas pesquisas sobre o tema no Reino Unido e Estados Unidos. A partir de 1961 foi iniciada sua produção em escala comercial, e o plantio direto começou a ser utilizado cada vez mais nas grandes lavouras, principalmente naquelas de grãos.

Na busca de práticas agrícolas que fossem economicamente viáveis e que evitassem a erosão, institutos de pesquisa brasileiros começaram os primeiros trabalhos com plantio direto na Paraná na década de 70.

Como benefícios agrônômicos do sistema de plantio direto, podem-se citar:

- Redução da erosão (SATURNINO, 1997);
- Descompactação e melhoria da estrutura física do solo (FREITAS, 1997);
- Aumento da fertilidade (SCHOENAU & CAMPBELL, 1996);
- Maior retenção de água (PHILLIPS, 1993);
- Maior diversidade e atividade de microorganismos e redução do tempo entre cultivos (KHATOUNIAN, 2001);
- Aumento ou manutenção do teor de matéria orgânica no solo (DERPSCH, 1991);

- Redução na amplitude térmica do solo (TEASDALE & MOHLER, 1993);
- Facilitação do manejo de plantas espontâneas, pragas e até doenças, desde que com uma rotação de culturas adequada (REIJNTJES, 1999);
- Aumento na degradação de moléculas de agroquímicos, como 2,4-D. (BOTTOMLEY *et al*, 1999).

Em termos econômicos e sociais, o PD apresenta:

- Redução dos custos de produção (permitindo que pequenas propriedades também o realizem);
- Diminuição de procedimentos mecanizados com conseqüentemente redução no desgaste e o consumo de combustível de até 25% (PHILLIPS, 1993);
- Diminuição na penosidade do trabalho (não é necessário revolver e destorroar o solo) além de melhor distribuição da necessidade de mão de obra durante o ano (RIBEIRO *et al*, 1993);
- Pode possibilitar um aumento na produtividade (KHATOUNIAN, 2001), permitindo um maior número de ciclos produtivos por ano;
- Aproveitamento maior das áreas de cultivo através da integração lavoura-pecuária e outros sistemas de exploração integrada;
- Como a exigência de trabalho é menor, outras atividades geradoras de renda podem ser incorporadas, especialmente no caso de pequenos produtores, aumentando a sustentabilidade agrônômica, econômica e social do sistema (EKBOIR, 2001).

A despeito de todos os benefícios apresentados acima, o sistema de plantio direto praticado pela maioria dos agricultores, atualmente é dependente do emprego de agrotóxicos para o manejo da cultura de cobertura que antecede o plantio ou das plantas espontâneas. Assim, pelo modelo “convencional” de plantio direto são feitas pelo menos duas aplicações de herbicidas: uma para dessecação da vegetação existente no fim do inverno - supressão das plantas existentes e formação da palhada para a cobertura do solo - e outra no final do ciclo, antes da implantação da nova cultura de cobertura, para evitar que as plantas espontâneas que surgiram dentro da lavoura produzam sementes.

Também existem casos em que podem ser feitas outras pulverizações intermediárias, especialmente no caso de culturas transgênicas resistentes ao princípio ativo utilizado, como o glifosato, por exemplo. As quantidades do herbicida a serem aplicadas variam em função das espécies a serem suprimidas, do estágio fenológico e do princípio ativo. Por exemplo, para suprimir o azevém (*Lolium multiflorum*) são utilizados 1,98 Kg/ha de ácido N-(fosfometil), molécula que compõe o herbicida glifosato (AGROFIT, 2005). Este mesmo composto é relacionado à distúrbios reprodutivos em mamíferos causados pelo princípio ativo ou até mesmo aos resíduos deste (WALSH, 2000; DALLEGRAVE, 2003). Além de problemas ligados à saúde, há suspeitas de que resíduos tenham efeitos negativos sobre as plantas, como aumento da susceptibilidade a patógenos (YAMADA, 2004; CORNISH, 1992).

Em função da variação na frequência de plantas espontâneas, associada com o manejo e as seqüências de culturas, fica evidente que são necessários métodos de controle variados e combinados para poder suprimir/controlar as comunidades de plantas espontâneas. Segundo Altieri (1999), os pesquisadores que trabalham com essas plantas estão direcionando as pesquisas para determinar quais são os níveis ecológicos, agrônômicos e economicamente aceitáveis. Este enfoque se baseia na afirmativa de que o que causa as variações nas comunidades de plantas espontâneas é a interação entre fatores abióticos, culturais e biológicos.

Dentro do manejo das espontâneas, um dos objetivos é a manipulação da relação cultivo/espontânea, de maneira que o cultivo seja favorecido. Os esforços devem estar concentrados na prevenção da reprodução e entrada de novas plantas espontâneas, além de reduzir as condições que propiciam seu estabelecimento e superação do poder de competição (NETO, 1993).

Segundo Rowe (1997), um dos fatores determinantes no controle das espontâneas é a quantidade de biomassa produzida pela cultura de cobertura.

Existem ainda outros fatores, listados a seguir:

- Alta densidade de semeadura das culturas de cobertura propicia um rápido fechamento ou ocupação da área, reduzindo os nichos disponíveis para crescimento das espécies espontâneas (ROSLON & FOGELFORS, 2003);
- Disposição espacial da cultura: um número maior de sementes por área pode fechar mais rapidamente a área, reprimindo o crescimento das espontâneas. Por outro lado, se no lugar de diminuir a distância entre sementes for diminuída a

distância entre linhas, haverá mais linhas no campo de cultivo (onde o solo foi revolvido), aumentando assim a chance de emergência de espontâneas (PARIZOTTO, 2005);

- Época de semeadura: em alguns casos, é interessante que a semeadura possa ser feita antecipadamente, para que a cultura já tenha passado do ponto crítico de competição quando as espontâneas iniciarem a germinação;
- Rotação de culturas: a rotação de culturas permite uma diversidade de habilidades (ALTIERI & NICHOLLS, 2000), uma vez que cada espécie tem diferentes padrões estruturais, fisiológicos e de competição por nutrientes, impedindo assim que ocorra uma seleção das espontâneas;
- Combinações de cultivos: da mesma forma que a anterior, a combinação de cultivos deve se aproveitar das diversidades de competências, onde cada espécie vai utilizar um estrato aéreo e radicular (Figura 2), com diferentes taxas de absorção de nutrientes (ALTIERI, 1999), aumentando assim a capacidade competitiva frente às plantas espontâneas (além disso, pode prover uma maior produção por área do que se estivessem em monocultivo).

Várias espécies são utilizadas como cultura de cobertura. A rigor, qualquer planta pode ser utilizada para este fim, mas existe um grupo de espécies com maiores aptidões para esta tarefa, como crescimento rápido, grande produção de matéria seca, rusticidade, ciclo definido, etc. Representantes de várias famílias são utilizadas para este fim, mas as famílias das gramíneas e leguminosas são as mais frequentes. Entre as espécies mais comumente utilizadas no Sul do Brasil figuram:

Figura 2. Sistema radicular de culturas de cobertura em estágio inicial de crescimento. Da esquerda para direita, centeio, nabo forrageiro e ervilhaca. Nota-se a diferença entre os tipos de raízes, onde há sistemas com raízes superficiais, raízes espessas e ainda raízes pivotantes.



Centeio (*Secale cereale*)

Planta originária da Ásia Central, da família das gramíneas, de ciclo anual, porte ereto, glabra, formando uma espiga densa. Tem boa resistência a climas frios, podendo suportar até 25°C negativos (LEAL, 1970, apud MONEGAT, 1991). Entre as culturas de cobertura utilizadas no Sul do Brasil pode ser considerada das mais rústicas, pois não tem elevada exigência em fertilidade do solo, e apresenta resistência a *Puccinia graminis*, uma das principais doenças fúngicas que afeta as gramíneas de culturas de cobertura. A formação de um sistema radicular vigoroso também aumenta a tolerância a períodos de seca (ROWE, 1997), além de permitir uma melhor absorção de nutrientes quando em comparação com outros cereais (LEAL, 1970, apud MONEGAT, 1991).

Segundo Barnes & Putman (1983), parcelas com centeio apresentaram uma redução de 93% na matéria seca de plantas espontâneas, sugerindo também efeitos alelopáticos. Em outro experimento conduzido por Creamer et al (1996) foi comprovado o poder de supressão da germinação de sementes de alface por nove compostos alelopáticos, entre eles os ácidos vanílico, ferúlico, fenilacético e 4-fenilbutírico, lixiviados da parte aérea de centeio. Outro fator importante a se destacar é a alta velocidade de ocupação do solo, conferindo assim uma vantagem competitiva frente às plantas espontâneas que possam germinar durante o inverno.

3.5.1.2. Ervilhaca (*Vicia sp.*)

Planta da família das leguminosas (Fabaceae), fixa nitrogênio através de associação simbiótica com bactérias (AITA et al, 2004). Planta de uso múltiplo, pode ser utilizada como pastagem, ser cortada para produção de feno, cobrir e aumentar a fertilidade do solo.

A ervilhaca tem um ciclo estacional, é glabra, possui caule anguloso e trepador, folhas alternas compostas parepinadas com gavinha terminal e número variável de folíolos. Tem flores individuais ou em pares, de cor violácea, e produzem vagens de até oito cm de comprimento, marrons quando maduras. Resiste bem a temperaturas de até 0°C, e vegeta bem em quase todos tipos de solo, exceção aos solos salinos e muito secos (MONEGAT, 1991).

Consegue obter boa cobertura do solo, dado seu hábito de crescimento prostrado/trepador. Segundo Rowe (1997), tem tolerância a solos ácidos e resiste às secas prolongadas. Como maior limitante, apresenta um crescimento inicial lento, o que favorece a instalação de plantas

indesejáveis. Contudo, ao final do ciclo, e devido ao padrão de crescimento, pode formar um verdadeiro colchão sobre o solo.

3.5.1.3. Nabo forrageiro (*Raphanus sativus* var. *oleiferus* Metzg.)

Planta da família Cruciferae, originária da Ásia, de ciclo anual, tem um sistema radicular vigoroso que auxilia na estruturação do solo, aumentando o número e resistência dos agregados (KUBOTA et al, 2005), além de grande produção de biomassa, auxiliando no controle de plantas espontâneas.

É uma planta da família das crucíferas, anual, herbácea, ereta, alcançando até 1,8 m de altura, pilosa. Suas raízes são pivotantes ou tuberosas (MONEGAT, 1991). As folhas são alternas, liradas e com lobos, com flores terminais em racemos de cor branca ou roxa, e produz os frutos em síliquas indeiscentes com duas a dez sementes. Adapta-se bem a solos arenosos, desde que não muito secos, e requerem fertilidade média.

Também é uma planta de múltiplos usos, pois das suas sementes pode-se extrair óleo combustível e comestível (DERPSCH & CALEGARI, 1985), compostos medicinais (MONEGAT, 1991) e forragem para animais. Tem um crescimento rápido, mas uma senescência mais precoce, deixando o solo com menor cobertura durante o final do inverno/início da primavera, pouco antes do plantio das culturas de verão.

4. OBJETIVOS

4.1. Gerais

Avaliar combinações de culturas de cobertura quanto ao controle de comunidades de plantas espontâneas e rendimento de feijão.

4.2. Específicos

Identificar qual cultura de cobertura ou combinações de culturas cobre mais rapidamente o solo;

Monitorar a frequência de plantas espontâneas, biomassa das culturas de cobertura e do feijão;

Monitorar a dinâmica da degradação da palhada das culturas de cobertura;

Estimar um índice de diversidade durante o cultivo das culturas de cobertura e do feijão;

Utilizar o experimento como objeto de avaliação do sistema de plantio direto sem herbicida.

5. METODOLOGIA:

5.1.Local:

O experimento foi realizado durante o período de abril de 2005 a abril de 2006 na Estação Experimental da EPAGRI de Campos Novos (Figura 3), na latitude 27°24'06" S e a uma longitude 51°13'30" W. O município fica localizado no Meio Oeste Catarinense, em uma região apropriada para o cultivo de grãos, conforme o zoneamento agroecológico catarinense (EPAGRI, 1999).

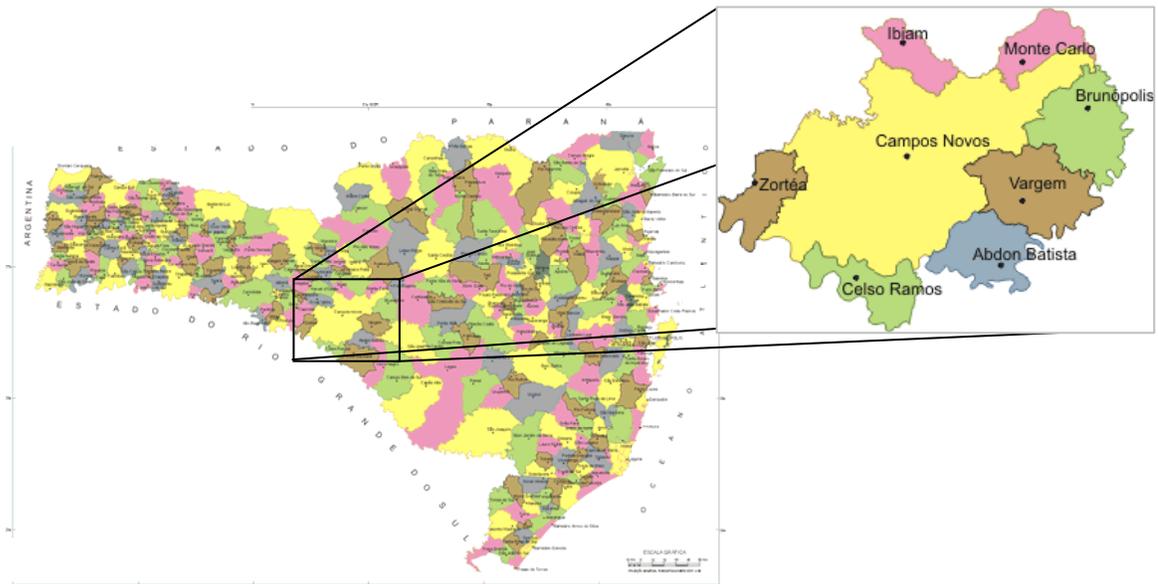


Figura 3. Mapa do estado de Santa Catarina com destaque para a região de Campos Novos.

O clima predominante na região é o Cfa de Köppen (subtropical mesotérmico úmido com verões quentes), com a caracterização Cfb (temperado constantemente úmido, sem estação seca definida e com verão fresco) em algumas regiões mais altas. A precipitação média anual é de 2.353,7 mm (CIRAM/EPAGRI, 2006) distribuídos de forma irregular (Figura 4), e temperatura média anual variando entre 14 e 21°C. A condição de relevo dominante na área é topografia suave ondulada.

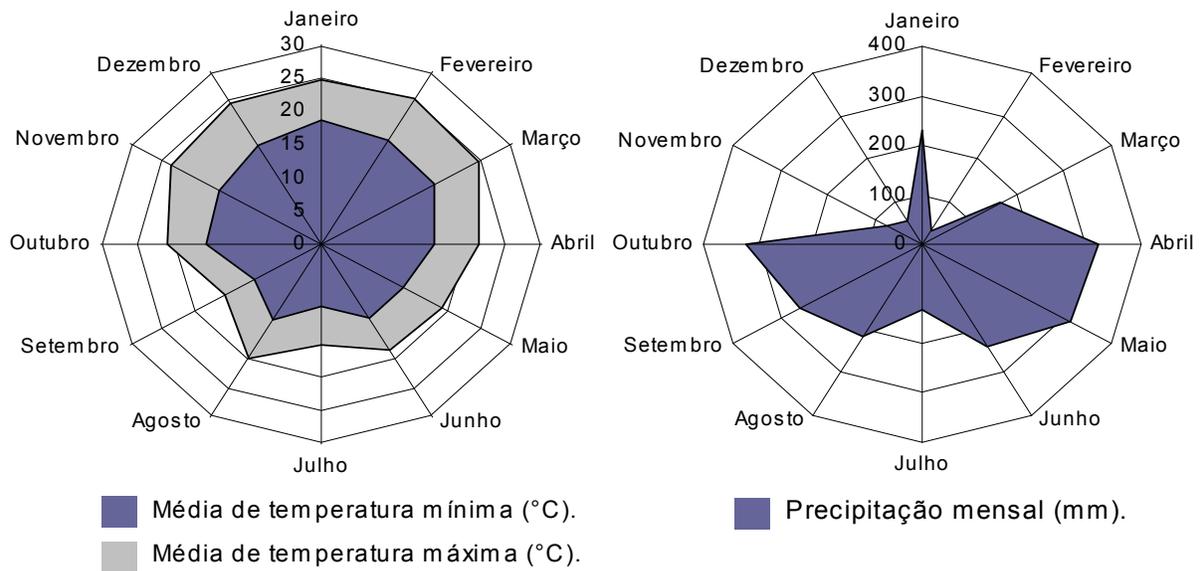


Figura 4. À esquerda, média entre julho de 2005 e junho de 2006 segundo as estações meteorológicas de temperatura máxima e mínima (°C); à direita, distribuição da precipitação média mensal entre julho de 2005 e junho de 2006 segundo das estações meteorológicas em mm para o município de Campos Novos (dados: SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2005-2006).

Em relação às médias do Estado, a ocupação fundiária da região tem maior percentual de propriedades rurais de médio a grande porte. A área experimental, como solo caracterizado como latossolo vermelho distroférico, fica em uma encosta posicionada ao norte, em um setor da Estação Experimental destinada exclusivamente a pesquisas sobre agricultura orgânica, onde produtos proibidos pelas normas de agricultura orgânica não são utilizados há mais de sete anos. Esta área é coordenada pelo pesquisador e mestre em Agroecossistemas Círio Parizotto. Nas estações anteriores à implantação do experimento havia lavouras de grãos. No verão anterior à semeadura das culturas de cobertura foi semeado girassol na área, apresentando uma alta população de leiteiro (*Euphorbia heterophylla*) e picão preto (*Bidens pilosa*), seguida pelo crescimento de capim papua (*Brachiaria plantaginea*).

5.2. Delineamento experimental

O trabalho teve um arranjo em blocos completamente casualizados com oito repetições. Cada unidade experimental foi constituída por uma área de 6 x 6 metros com meio metro de bordadura em cada lado, totalizando 25 m² de área útil, tendo cada bloco 12 x 18 m² (Figura 5), com corredores de um metro de largura entre os blocos. O experimento teve seus tratamentos correspondendo à presença, na estação anterior ao cultivo de feijão, de uma das culturas de coberturas abaixo:

- Centeio + ervilhaca;
- Nabo + ervilhaca;
- Centeio + nabo;
- Centeio + ervilhaca + nabo forrageiro;
- Centeio monocultivo;
- Testemunha (vegetação natural).

Tratamentos

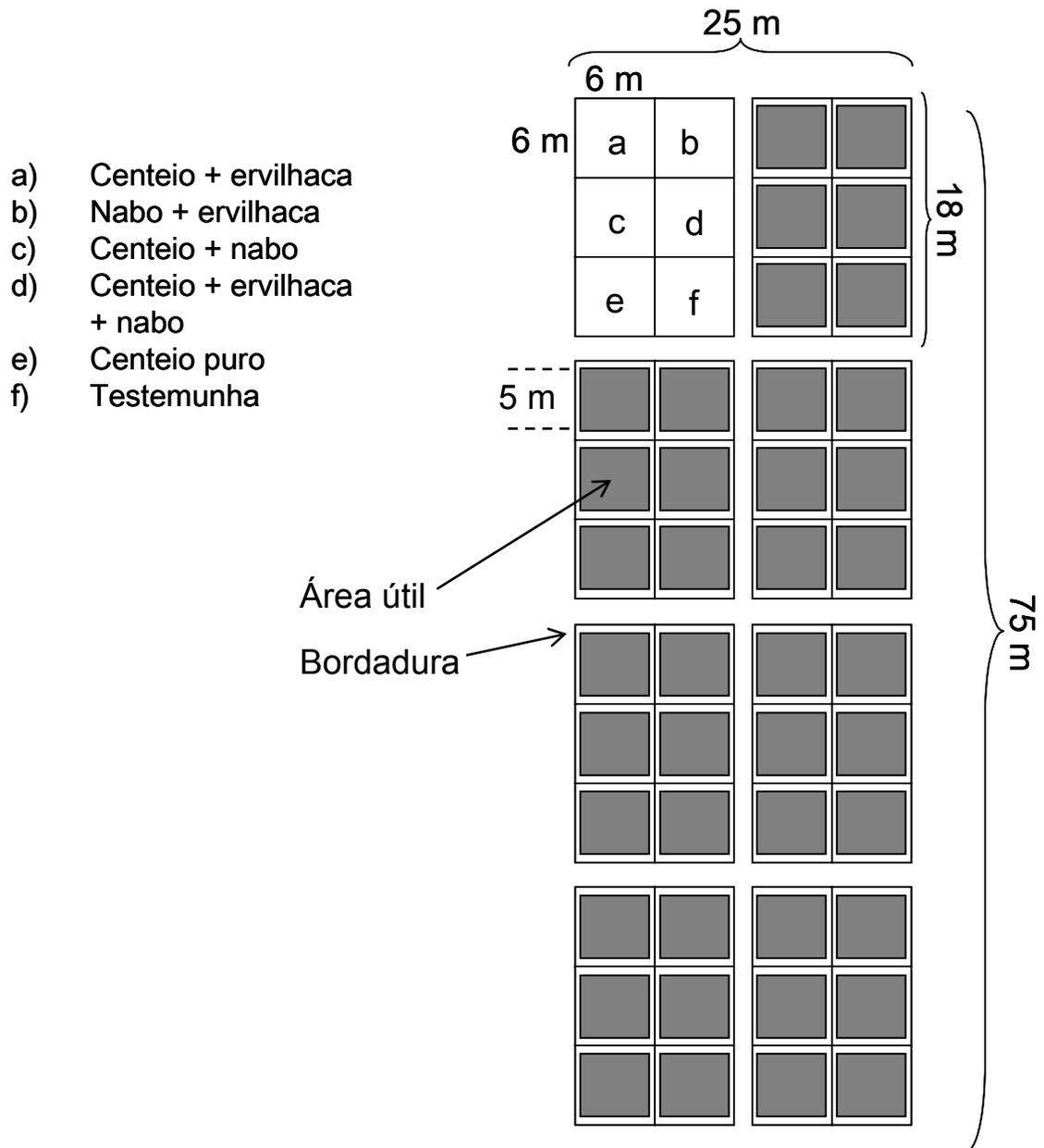


Figura 5. Croqui representando o delineamento experimental do trabalho.

5.3. Culturas de cobertura

A semeadura das culturas de cobertura foi realizada no dia 19/05/2005, a lanço, com a posterior incorporação das sementes no solo com uma grade leve em função da grande quantidade de resíduos sobre o solo. O laudo de análise de solo (SOCIEDADE..., 2004) mostrou não ser necessária nenhuma forma de adubação ou correção do solo, tanto para o cultivo das plantas de cobertura quanto para a cultura do feijão. Na parcela testemunha a vegetação espontânea foi removida com roçadeiras e ancinhos para deixar o solo descoberto, mas sem causar revolvimento. Com isso, foi simulada a condição de manejo convencional de solo, pois após o cultivo de verão o solo era deixado descoberto, sendo então ocupado por plantas espontâneas. Ao final do inverno, este solo era revolvido para a incorporação de fertilizantes e corretivos, além do enterrio da cobertura de espontâneas. Este tratamento permite a avaliação da ausência de culturas de cobertura.

As espécies de cultura de cobertura e suas composições foram escolhidas de acordo com sua adequação ao contexto da região e da própria tecnologia do plantio direto. Para isto foram consultados técnicos e bibliografia especializada, resultando na escolha de centeio, ervilhaca e nabo forrageiro. Assim, o centeio foi cultivado solteiro, em consórcio com ervilhaca, em consórcio com nabo forrageiro e em trio de centeio, nabo forrageiro e ervilhaca. A ervilhaca foi cultivada em consórcio também com o nabo forrageiro. Tanto o nabo quanto a ervilhaca não são comumente plantados solteiros na região; sendo assim não cultivados no experimento.

Quanto às diferentes composições, estas foram escolhidas para verificar possíveis sinergismos ou complementações entre as culturas de cobertura, bem como misturas utilizadas por agricultores na região de estudo. No caso do tratamento centeio + ervilhaca, por exemplo, buscou-se a fixação de nitrogênio favorecida pela ervilhaca com o rápido crescimento e produção de fitomassa do centeio. O próprio centeio, na sua senescência, serviu de suporte para o crescimento da ervilhaca.

A taxa de semeadura utilizada como base de cálculo, quando em monocultivo, foi de 90 kg/ha para o centeio, 70 kg/ha para ervilhaca e 30 kg/ha para o nabo forrageiro. Nos tratamentos com duas espécies, foi utilizada a quantidade de 60% da taxa quando em monocultivo para cada espécie. Já no tratamento com as três espécies foi adotada a taxa de 40% da dose em monocultivo para cada espécie, totalizando 120%.

5.4. Avaliações

5.4.1. Biomassa de espontâneas, de culturas de cobertura e feijão

As coletas foram efetuadas a cada 45 dias, aproximadamente (totalizando três amostragens no ciclo das culturas de cobertura e duas no do feijão). Utilizou-se um quadrado de metal com 0,25 m² disposto sobre uma transecta, no qual foi coletada toda a fitomassa aérea com auxílio de tesouras. Foram coletadas duas amostras em cada sub parcela, seguindo a metodologia proposta por Sarrantonio (1991). O material coletado foi separado por espécie e desidratado em estufa com ventilação forçada a 45°C (para que não houvesse perda de N) até a estabilização de peso. Ao final, foi feita a determinação do peso seco de todas espécies de forma individualizada.

5.4.2. Cobertura do solo

No momento do plantio das culturas de cobertura foi feita uma uniformização da cobertura da área experimental, determinando assim o ponto zero.

A cobertura do solo foi avaliada na mesma ocasião da coleta de fitomassa. Utilizando-se uma transecta, a leitura foi realizada através da observação de um ponto a cada metro linear, observando o ponto perpendicular ao solo: se este estivesse visível, era considerado solo descoberto (Figura 6). Ao final foi feita uma relação de pontos cobertos/total de pontos e atribuída a porcentagem de cobertura do solo para cada parcela (SARRANTONIO, 1991).



Figura 6. Sistema utilizado para determinação de cobertura do solo.

5.4.3. Degradação da palhada

A bolsa de decomposição é um envelope de tela plástica no qual, após o acamamento das culturas de cobertura, é inserida uma quantidade conhecida destas culturas de cobertura (Figura 7). Este envelope é posto sob a camada de resíduos para que o material fique exposto às mesmas condições ambientais da palhada. Depois de determinado período, é realizada a coleta e posterior pesagem, para se medir a degradação deste material.

Na primeira semana de outubro foram acamadas as culturas de cobertura com um rolo-faca. Na ocasião em cada sub parcela cinco amostras foram coletadas em quantidade suficiente para encher envelopes (*litterbags*) de tela plástica medindo 25 cm x 25 cm com abertura da tela de dois mm, identificados por plaquetas de alumínio, representando a cobertura predominante da área (ISAAC & NAIR, 2005). Feito isso, as bolsas foram levadas imediatamente ao laboratório da Estação Experimental da EPAGRI Campos Novos para determinação do peso da matéria seca das bolsas, utilizando balanças com três casa depois da vírgula. Após 48 horas em estufas a 50°C, as bolsas foram pesadas e levadas de volta ao campo, sendo devolvidas à parcela de origem, dispostas lado a lado sob a palhada das culturas de cobertura. Uma bolsa por parcela era recolhida aproximadamente a cada 30 dias, levada novamente à estufa por 48 horas a 50°C. Após ser escovada cuidadosamente, se necessário, para remoção de partículas de solo aderidas e outros materiais que não pertenciam à amostra, era então procedida a avaliação de perda (degradação)

da matéria morta pela fórmula $[(\text{peso final/peso inicial}) \times 100]$.

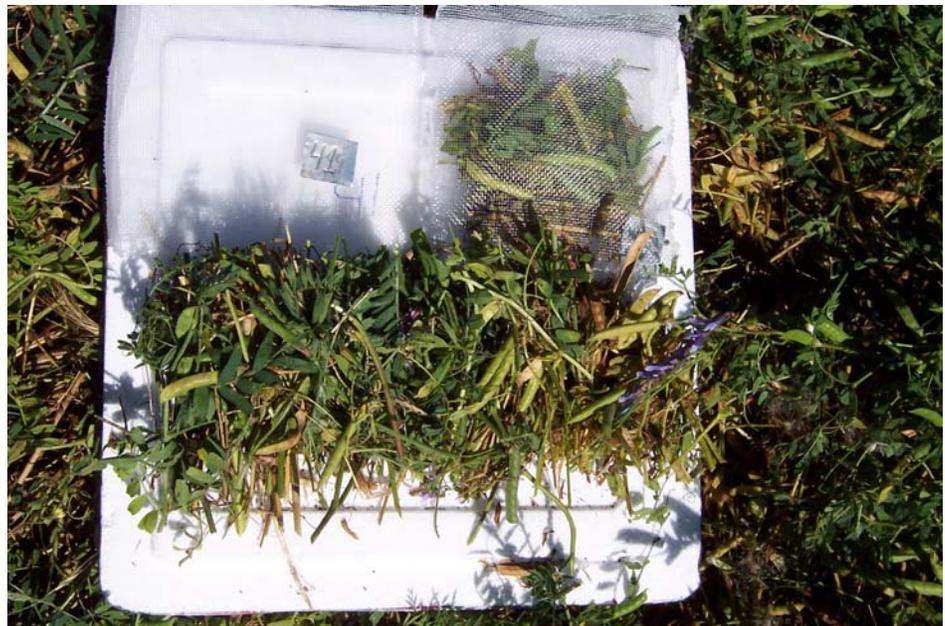


Figura 7. A partir de baixo, em sentido horário: biomassa vegetal de culturas de cobertura, envelope vazio com identificação e envelope já com material.

5.4.4. Rendimento do feijão

Originalmente o trabalho seria realizado com soja (*Glycine max*). Entretanto, após a semeadura desta, no dia 3/11/2005, houve somente um evento de chuva (5/11/2005) seguido de período de estiagem severa até a segunda metade de dezembro do mesmo ano. Isto impediu a germinação da maior parte das sementes, e morte daquelas que haviam germinado. Até as plantas espontâneas tiveram dificuldade de germinação pela escassez de água. No momento da segunda semeadura, em 21/12/2005 já não era mais recomendado o plantio de soja na região, conforme Brasil (2005). Assim, optou-se pelo plantio de outra cultura similar, no caso o feijão SCS 202 – Guará, desenvolvido por pesquisadores da EPAGRI e considerado apropriado para plantio nos meses de dezembro e janeiro (HELIAS et al, 2003). O rendimento da cultura do feijão foi avaliado utilizando-se do mesmo procedimento adotado para coleta de biomassa das culturas de cobertura. O rendimento obtido na área dos quadrados (com quatro sub amostras por parcela) foi então extrapolado para rendimento por hectare.

5.4.5. Índice de biodiversidade:

Entre os índices de biodiversidade existentes, como Simpson (1949), Shannon-Wiener (1962) e Brillouin, conforme descrito em Bilalis (2001), o que melhor se adaptou para a situação estudada foi o índice de Simpson (tipo II), que apresenta a fórmula:

$$D = \sum (P_i)^2$$

Onde D = índice de Simpson e P_i = proporção de espécies i na comunidade. Esta fórmula resulta na probabilidade de dois indivíduos coletados ao acaso pertencerem à mesma espécie. Para converter esta probabilidade em uma medida de diversidade, é sugerido que se use um complemento à fórmula original (KREBS, 1998), conforme demonstrado a seguir, onde:

$$1 - D = 1 - \sum (p_i)^2$$

Onde $1 - D$ = índice de diversidade de Simpson, e p_i = proporção de indivíduos de i espécies na comunidade.

5.4.6. Análise estatística

Para o teste de homogeneidade das variâncias foi utilizado o teste do F máximo de Hartley (SPIEGEL, 1977; ZAR, 1996). Este teste consiste em duas hipóteses: a de que a variação entre as populações é homogênea (H_0) ou heterogênea (H_1). Após isso, foi escolhida a significância $\alpha = 0,05$, ou seja, 95% de probabilidade. Na seqüência, é obtido o quociente entre a maior e a menor variância calculada dentre os tratamentos, segundo a fórmula abaixo:

$$F_{\max} = \frac{s^2_{\max}}{s^2_{\min}}$$

Uma vez calculado o F_{\max} , verificou-se o valor tabelado para F na tabela de valores críticos da distribuição F_{\max} . Quando este valor era maior do que o valor tabelado, rejeitou-se a hipótese de homogeneidade, indicando interação bloco x tratamento. Já quando o valor de F_{\max} estava abaixo do valor tabelado, as variâncias eram homogêneas para a significância escolhida. Nestes casos, uma vez que não foi identificada interação entre blocos x tratamentos, os dados foram analisados empregando-se a análise de variância (ANOVA). As médias foram separadas e comparadas através do teste DMS-Fischer, com probabilidade de 5%, utilizando o software estatístico Statistica 6.0. Os níveis de significância para análise do coeficiente de correlação foram obtidos segundo a tabela de Fischer & Yates (LITTLE & HILLS, 1978)

6. RESULTADOS E DISCUSSÃO:

6.1. Estação das culturas de cobertura de inverno

6.1.1. Cobertura do solo pelas culturas de cobertura

As coletas realizadas durante a estação de crescimento das culturas de cobertura permitiram avaliar a efetividade e intensidade de cobertura do solo pelos diversos tratamentos.

A cobertura do solo mais efetiva ocorreu no tratamento centeio + nabo + ervilhaca, alcançando 99% de cobertura ao final do período (Figura 8), ainda que estatisticamente igual aos tratamentos centeio + ervilhaca, nabo + ervilhaca e centeio puro. Este mesmo tratamento obteve a maior velocidade de cobertura do solo, havendo diferença na cobertura do solo entre a segunda e terceira coleta. Isso ocorreu pelo fim dos ciclos do nabo e do centeio, enquanto a ervilhaca atingia

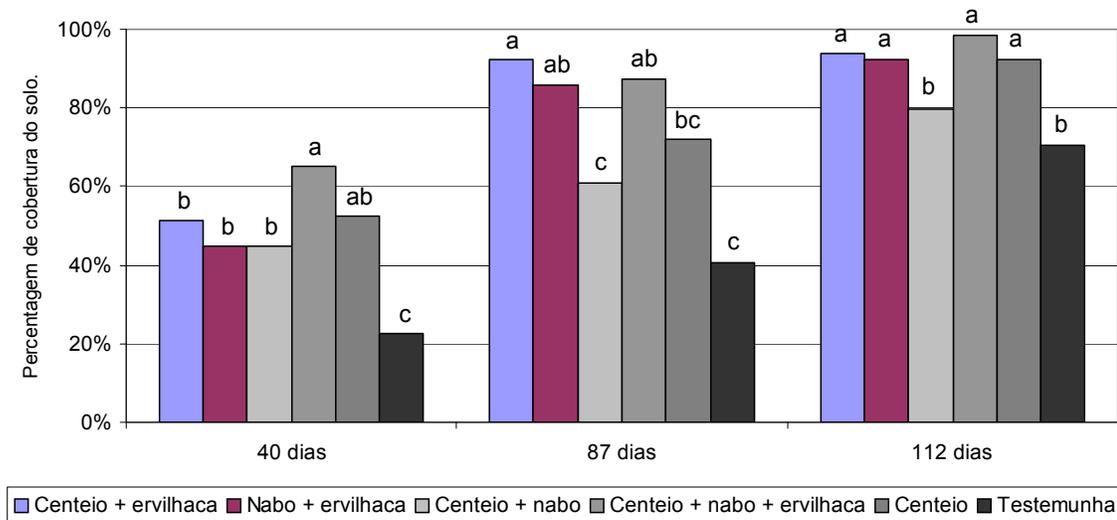


Figura 8. Percentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura, em três épocas de amostragem. Colunas seguidas pela mesma letra dentro de cada coleta não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

um período de crescimento intenso, formando uma camada de biomassa bastante densa sobre o solo. Pode-se perceber que a presença de ervilhaca determinou uma alta cobertura, exceto no tratamento centeio puro, onde a cobertura do solo também foi alta, ainda que somente ao final do período.

A utilização do trio centeio + ervilhaca + nabo possibilitou que cada cultura de cobertura expressasse seu crescimento potencial, uma vez que os ciclos das espécies são diferentes, escalonando-se, por ponto de maturidade fisiológica, na seqüência nabo-centeio-ervilhaca. Além

disso, a diferença de sistema radicular, estrutura da parte aérea e interações sinérgicas da ervilhaca, como a fixação simbiótica de nitrogênio, podem ter contribuído na cobertura mais rápida da área. A testemunha apresentou a menor taxa final de cobertura de solo, bem como uma das mais baixas velocidades de ocupação.

A importância da rápida cobertura do solo resulta da capacidade de competição das culturas de cobertura com as espontâneas de inverno - especialmente aquelas que têm sementes pequenas, com pouca reserva energética – sobre a interceptação de luz, fator básico de competição entre as plantas. Além disso, a rápida cobertura contribui para proteção do solo contra a incidência direta do sol, alterando o balanço térmico do sistema, reduzindo o impacto das gotas de água, diminuindo a velocidade de escoamento superficial e favorecendo um hábitat para uma fauna edáfica diversa (PULLEMAN et al, 2005).

Fatores ambientais têm grande influência sobre a dormência e germinação de sementes de plantas espontâneas. Estes componentes iniciais dos processos de sucessão ecológica têm, geralmente, alta sensibilidade à luminosidade (BAZZAZ, 1979). A redução ou eliminação da incidência do sol sobre o solo exerce papel fundamental no manejo de plantas espontâneas: a luz é importante fator porque o fitocromo é determinante na germinação da maior parte das sementes (TAYLORSON & BORTHWICK, 1969). O fitocromo, exposto ao comprimento de onda correspondente ao vermelho (660 nm), converte-se em uma forma ativa que promove a germinação das sementes, ao passo que o comprimento de onda vermelho distante (730 nm) o converte numa forma que inibe a germinação. Sementes da maioria das espécies de espontâneas são estimuladas a germinar por este mecanismo, prevenindo assim a germinação em locais não apropriados. Sob um dossel de folhas verdes a penetração de luz e germinação de sementes de espontâneas foram reduzidas à medida que aumentava a profundidade do solo (TEASDALE & MOHLER, 1993). Tal efeito se deve principalmente à absorção do comprimento de onda de 660 nm pela clorofila das plantas, e a um aumento da proporção de luz do tipo vermelho distante. Em segundo lugar, a amplitude térmica, também um fator de ativação dos mecanismos de germinação de várias espécies de plantas espontâneas, tende a ser menor no solo sob culturas de cobertura (TEASDALE & MOHLER, 1993).

A cobertura do solo também favorece um microclima adequado para vários organismos predadores de sementes, situação na qual se presume que a predação de sementes seja mais alta (CARDINA *et al*, 1996, apud MOONEN & BÀRBERI, 2004). KROMP (1999) cita trabalhos em

sistemas de rotação de trigo-soja-milho onde certas espécies de carabeídeos foram responsáveis por mais de 50% da predação de sementes de quatro dicotiledôneas consideradas plantas espontâneas.

Quanto à dinâmica temporal de cobertura do solo, foi possível perceber a formação de grupos em cada uma das datas de coleta. Na primeira amostragem, houve um destaque do tratamento com o trio de culturas de cobertura, sendo que a testemunha apresentou a menor cobertura, mantendo os demais tratamentos em um grupo intermediário. Já na segunda coleta, o tratamento centeio + ervilhaca obteve a maior cobertura do solo, seguido pelo segundo grupo, composto pelos tratamentos nabo + ervilhaca, trio de culturas de cobertura e centeio puro. Nesta coleta, os tratamentos centeio + nabo e testemunha obtiveram os piores resultados, indicando uma menor velocidade de crescimento e ocupação da área. Já na terceira coleta, houve uma homogeneização dos tratamentos, onde formaram-se dois grupos distintos, conforme a figura 8.

A maior velocidade de cobertura pelos tratamentos centeio + nabo + ervilhaca e centeio + ervilhaca pode estar ligada à produção de biomassa de espontâneas ao final do ciclo das culturas de cobertura. Um dos fatores comuns aos tratamentos que tiveram maior velocidade de cobertura foi a presença de ervilhaca; na segunda coleta de biomassa, possivelmente pelo aumento da disponibilidade de nitrogênio para as outras culturas de cobertura, houve um aumento na velocidade de crescimento. Neste momento a ervilhaca ainda não havia atingido a floração, ao passo que o centeio e o nabo estavam no maior pico de crescimento, quando a demanda por nitrogênio é alta.

6.1.2. Produção de biomassa das culturas de cobertura.

Os tratamentos que apresentaram tendência de maiores valores para produção de biomassa, tanto em rapidez na produção quanto no valor final foram os tratamentos com ervilhaca, na seguinte ordem decrescente: centeio + nabo + ervilhaca, nabo + ervilhaca e centeio + ervilhaca (Tabela 1). Por sua capacidade em estabelecer uma associação simbiótica com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, a ervilhaca pode ter exercido um efeito sinérgico com as outras culturas de cobertura, possibilitando assim um maior crescimento. Além disso, há uma diferença entre os estádios fenológicos de cada uma das culturas de cobertura: enquanto o centeio e o nabo têm um crescimento mais rápido, e ervilhaca tem um início lento, mas com um período vegetativo mais prolongado. Esta complementaridade entre as plantas de cobertura permitiu que os tratamentos com ervilhaca tivessem um incremento mais prolongado de biomassa, pois após a maturidade fisiológica do centeio e do nabo, a ervilhaca crescia vigorosamente, utilizando os caules de plantas de outras espécies como suporte para crescimento.

Tabela 1. Biomassa das culturas de cobertura no inverno, em três épocas a partir da semeadura das culturas de cobertura. Valores em cada coluna seguidos pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

Tratamento	40 dias	87 dias	112 dias
	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)
Centeio + ervilhaca	0,417 a	2,00 b	5,03 ab
Nabo + ervilhaca	0,359 ab	1,44 bc	5,35 ab
Centeio + nabo	0,242 b	1,10 c	3,89 b
Centeio + nabo + ervilhaca	0,389 a	2,15 a	5,39 a
Centeio	0,292 ab	1,42 bc	4,71 ab

A produção de biomassa das culturas de cobertura exerce uma influência direta sobre as plantas espontâneas. Muitos trabalhos têm demonstrado uma diminuição na biomassa da vegetação residente em razão do aumento da biomassa das culturas de cobertura (BARBERI & MAZZONCINI, 2001; BILALIS, EFTHIMIADIS & SIDIRAS, 2001; TEASDALE & MOHLER, 1993; TEASDALE & MOHLER, 2000; MACHADO et al, 2005). Além da competição por fatores como luminosidade e água existem relações como a alelopatia, ainda pouco estudada, mas que possivelmente tenha influenciado a dinâmica das plantas espontâneas.

Como os efeitos das culturas de cobertura sobre as diferentes populações da comunidade vegetal variam com condições ambientais diversas, seria portanto necessário um levantamento da vegetação espontânea para aprofundar a discussão a respeito dos possíveis mecanismos alelopáticos envolvidos no controle de plantas espontâneas.

6.1.3. Biomassa de espontâneas durante o ciclo das culturas de cobertura.

A produção de biomassa pelas plantas espontâneas foi menor nas parcelas com culturas de cobertura, e tal efeito já era evidente aos 87 dias após a semeadura das culturas de cobertura (Tabela 2), quando o tratamento testemunha apresentava uma biomassa de plantas espontâneas significativamente maior que a dos demais tratamentos. Já entre os tratamentos com culturas de cobertura, somente na última coleta surgiram diferenças significativas entre os tratamentos. O tratamento com maior quantidade de plantas espontâneas não alcançou metade da biomassa da parcela testemunha, e tal diferença manteve-se na terceira coleta, quando os tratamentos com cultura de cobertura se diferenciaram entre si.

Tabela 2. Biomassa das plantas espontâneas no inverno, em três coletas a partir da semeadura das culturas de cobertura. Valores em cada coluna seguidos pela mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

Tratamento	40 dias	87 dias	112 dias
	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)	Biomassa (Mg ha ⁻¹)
Centeio + ervilhaca	0,207 a	0,272 b	0,457 d
Nabo + ervilhaca	0,092 a	0,222 b	1,08 c
Centeio + nabo	0,161 a	0,352 b	2,52 b
Centeio + nabo + ervilhaca	0,147 a	0,361 b	0,260 d
Centeio	0,120 a	0,292 b	2,01 b
Testemunha	0,129 a	0,956 a	5,41 a

Entre os tratamentos com culturas de cobertura, foi na combinação centeio + nabo e no tratamento centeio puro que foram observadas as maiores produções de biomassa pelas espontâneas. Uma das possíveis causas é o curto período vegetativo do nabo, que deixa uma lacuna antes do pleno crescimento do centeio, quando as plantas espontâneas podem se instalar. A ocorrência deste efeito pode ter sido reduzida nos tratamentos com ervilhaca, pois o crescimento desta é mais tardio quando comparado ao centeio e nabo. O tratamento centeio + ervilhaca e o trio foram mais eficientes no controle das espontâneas por terem um sincronismo melhor entre si, com o centeio crescendo rapidamente no início da estação e mantendo-se até o ponto no qual a ervilhaca inicia seu pleno crescimento. A produção total de biomassa de

espontâneas e avaliações qualitativas, especialmente da comunidade vegetal, podem ser úteis para a compreensão de processos ecológicos em andamento. Por isso, optou-se fazer tais avaliações pela obtenção de índices de diversidade da comunidade.

6.1.4. Diversidade nas culturas de cobertura.

Utilizando o índice de Simpson, foi avaliada a probabilidade de coletar de forma aleatória dois indivíduos da mesma espécie. Após isto, o valor foi subtraído da unidade para se tornar uma medida de diversidade. Os resultados mostrados na Figura 9 indicam diferenças entre tratamentos em todas as épocas de coleta.

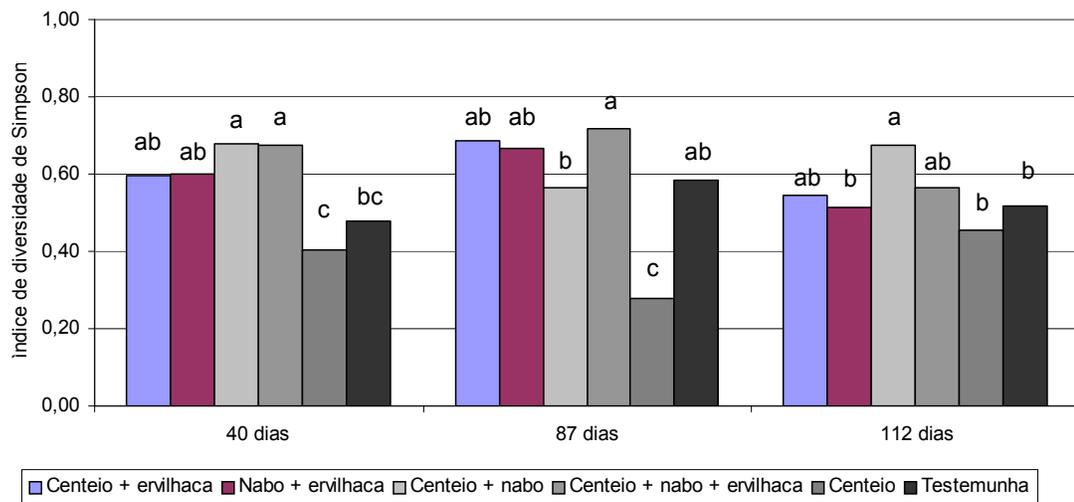


Figura 9. Índice de diversidade de Simpson para as plantas espontâneas durante o inverno, em três épocas de coleta após plantio das culturas de cobertura. Colunas com a mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

Ao final da estação das culturas de cobertura a maior biodiversidade foi observada nos tratamentos com culturas de cobertura, notadamente nos tratamentos centeio + nabo e centeio + nabo + ervilhaca. O tratamento centeio solteiro obteve os mais baixos valores de diversidade, possivelmente em função dos efeitos alelopáticos (ANAYA, 1999), o que explica seu uso pelos agricultores da região onde foi conduzido o experimento (PARIZOTTO, 2005). A falta de conhecimento sobre a dinâmica desta relação mostra a necessidade de um estudo mais aprofundado da biomassa das plantas espontâneas individualmente. Talvez as culturas de cobertura tenham tido um efeito mais expressivo sobre determinadas espécies – as mais agressivas – deixando um espaço para que outras espécies pudessem se desenvolver. Os tratamentos centeio + ervilhaca e o trio atingiram altos índices de biodiversidade, mesmo com uma produção biomassa de espontâneas muito baixa. Estes resultados apontam que é possível

haver biodiversidade de plantas espontâneas sem que haja um domínio destas sobre as culturas de cobertura, mostrando assim a possibilidade de convivência destas com cultivos.

Em termos de manejo do agroecossistema, a maior diversidade de espontâneas pode reduzir a possibilidade de domínio de uma ou poucas espécies de plantas espontâneas, uma vez que a ocupação dos diferentes nichos vagos ocorrerá pelo organismo mais adaptado para aquela situação – inclusive em locais onde não há sementes de culturas de cobertura. Esta mesma diversidade será fonte de abrigo e alimento para pássaros, insetos e outros organismos na área, prevenindo que pragas secundárias tornem-se pragas principais. A presença de outras espécies vegetais na área de cultivo pode ser considerada uma barreira à dispersão de patógenos – como barreira física ou por ser um substrato inadequado para instalação da doença (ALTIERI, 1999). Não menos importante é a possibilidade de alterações na dinâmica do solo, através da produção de diferentes exudatos radiculares, de diferentes arquiteturas radiculares e de extração de água e nutrientes do solo, podendo assim aumentar a ciclagem de nutrientes, impedindo perdas por lixiviação, por exemplo. Ao final do ciclo das culturas de cobertura é realizado o acamamento, resultando na formação de uma camada de resíduos vegetais sobre o solo que tem por função proteger este da exposição direta aos raios solares, ao vento e a chuva direta, além de dificultar o crescimento das plantas espontâneas. Tais funções estão diretamente relacionadas com a velocidade de degradação desta matéria morta.

6.2. Estação das culturas de verão

6.2.1. Degradação da matéria morta das culturas de cobertura.

A degradação da cobertura morta do solo, avaliada pela diferença de massa medida ao longo do tempo com o uso de *litter bags* (ou bolsa de decomposição) apresentou diferenças entre os tratamentos. A dinâmica de diminuição da massa dos resíduos vegetais (Figura 10) demonstra algumas diferenças entre os tratamentos.

O padrão na taxa de decomposição das coberturas mortas diferiu daquela comumente apresentada pela literatura (LARCHER, 2000), onde há uma taxa de degradação maior nas primeiras amostragens, fato não observado em função da estiagem severa (Figura 4), que acabou reduzindo a intensidade de processos bióticos de degradação do material. Com um aumento de

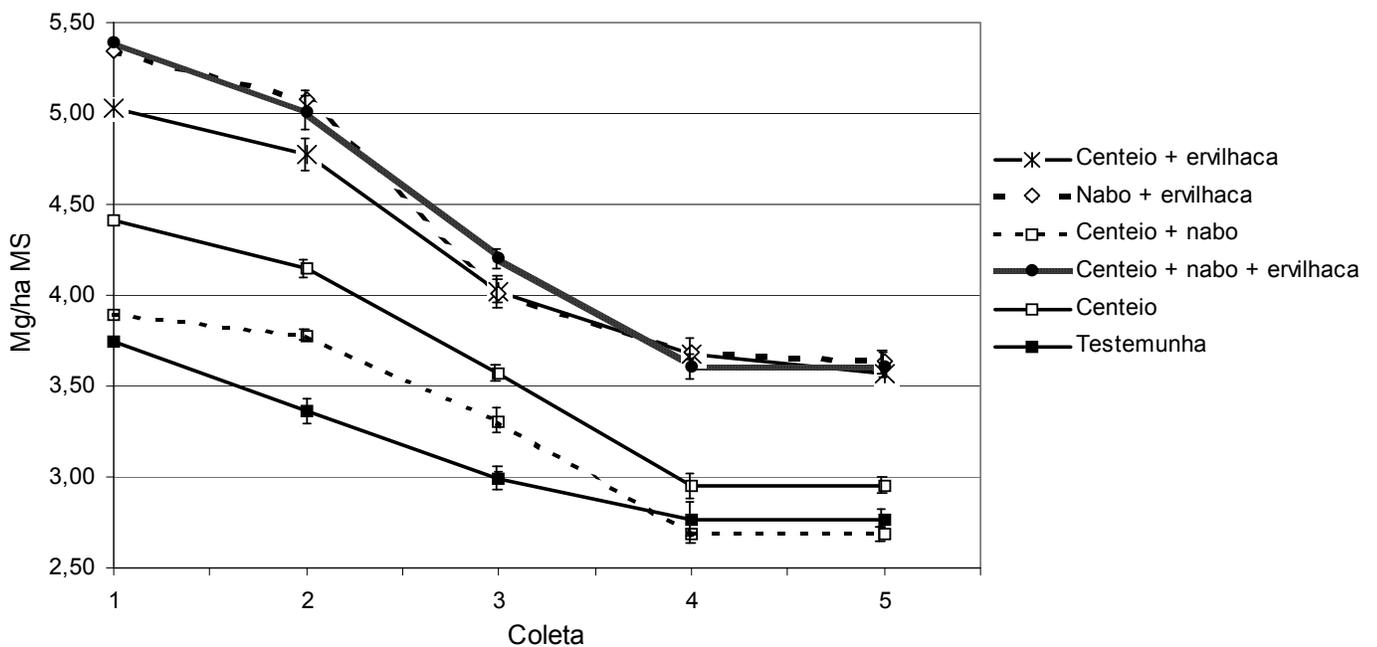


Figura 10. Massa de resíduos das culturas de cobertura, coletadas a cada 30 dias após rolagem das culturas de cobertura (coleta 1), medidas pelo método de bolsas de decomposição. As barras indicam o erro padrão de cada média por tratamento (teste DMS-Fischer, $p \leq 0,05$).

umidade a partir de janeiro, foi retomada a degradação, com uma taxa mais aproximada do esperado. O tratamento nabo + ervilhaca manteve ao final uma grande quantidade de resíduos; a ervilhaca contém maior teor de nitrogênio em seus tecidos, possibilitando maior atividade de

organismos que degradam materiais orgânicos. A hipótese é de que a grande biomassa de ervilhaca no momento da rolagem não foi decomposta por estar ligada a uma quantidade significativa de caules de nabo – material pobre em nitrogênio e rico em lignina, portanto mais estável. Com isso, foi imobilizado o nitrogênio da ervilhaca, diminuindo-se a degradação do material.

Percebe-se que houve um padrão de degradação idêntico na coleta 2 entre todos os grupos. Já na coleta 3 há uma taxa um pouco maior na degradação do tratamento nabo + ervilhaca. Na quarta coleta, existe a formação de dois grupos bastante claros: o primeiro, formado pelos tratamentos centeio + ervilhaca, nabo + ervilhaca e pelo trio; já o segundo grupo, integrado pelos tratamentos testemunha, centeio puro e centeio + nabo.

Pode-se inferir que, apesar da maior produção de matéria seca do tratamento centeio + nabo + ervilhaca (5.539 Mg/ha), a taxa de degradação mais alta desta cobertura fez com que mantivesse, ao final do período de amostragem, a mesma quantidade de matéria seca que os tratamentos centeio + ervilhaca e nabo + ervilhaca. A resistência à degradação da matéria morta das culturas de cobertura depende de vários fatores, tendo maior influência a composição do material, umidade e temperatura do ambiente e presença de organismos detritívoros. Esta cobertura teve efeito sobre as comunidades de plantas espontâneas no cultivo subsequente.

6.2.2. Biomassa de espontâneas durante o ciclo das culturas de verão

Dada a curta duração do ciclo do feijão, foram realizadas apenas duas coletas de biomassa de plantas espontâneas (Figura 11). Não houve diferenças entre os tratamentos na primeira coleta. Na segunda coleta, a maior biomassa de plantas espontâneas ocorreu nas parcelas testemunha, com variações entre os demais tratamentos.

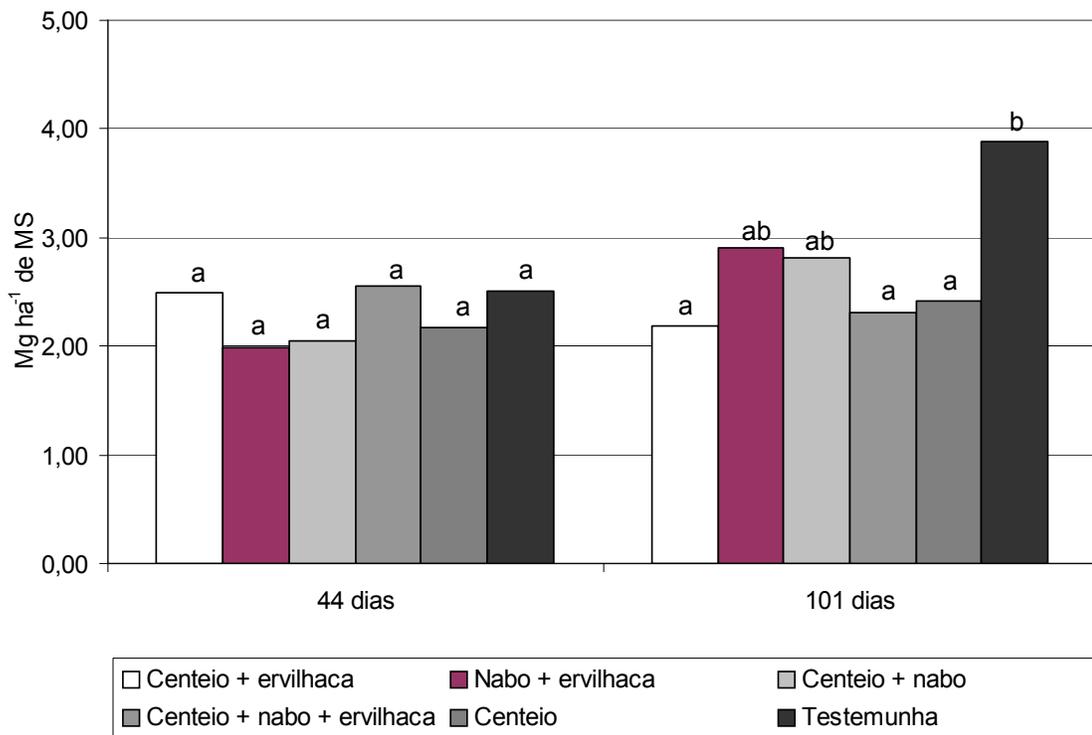


Figura 11. Biomassa de plantas espontâneas no verão, durante o ciclo do feijão, sob diferentes resíduos de cultura de cobertura aos 44 e 101 dias após a semeadura do feijão. Colunas com a mesma letra dentro de cada data de coleta não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

Grande parte da biomassa de plantas espontâneas na primeira coleta pertence à espécie vulgarmente conhecida por leiteiro ou amendoim-bravo (*Euphorbia heterophylla*), que é pouco afetada pela cobertura do solo em função da sua alta rusticidade e fotoblastia negativa – não requer luz para a quebra de dormência das sementes (LARCHER, 2000), fazendo com que a interceptação da luz promovida pela palhada não tivesse nenhum efeito inibidor.

Um excesso populacional da espontânea gerou um ambiente propício para aparecimento e disseminação de um agente que controlou sua população, reduzindo-a até um nível de equilíbrio no sistema. Esta espécie foi severamente atacada em todo o experimento por um fungo patogênico identificado como *Bipolaris euphorbiae* (anamórfico Ascomycota: Pleosporaceae; MUCHOVEJ & CARVALHO, 1989), com alta capacidade de infecção – maior que 65% – segundo Nechet et al (2006), o que reduziu naturalmente a população. Esta é uma das prováveis explicações para o declínio da biomassa de espontâneas nos tratamentos centeio + ervilhaca e centeio + ervilhaca + nabo forrageiro, uma vez que a cobertura formada por estes tratamentos foi bastante eficiente no controle de outras espécies de espontâneas. A partir da redução da população do leiteiro o efeito da cultura de cobertura tendeu a ser mais evidente.

No tratamento testemunha houve a maior produção de biomassa de plantas espontâneas em função da ausência de cobertura do solo no momento do plantio – permitindo assim que as sementes no solo recebessem vários estímulos para germinação e crescimento.

Entre os tratamentos, a mistura centeio + ervilhaca proporcionou a menor quantidade de biomassa de plantas espontâneas, seguida pelo trio de culturas de cobertura e do tratamento centeio puro; estes tratamentos são considerados idênticos estatisticamente. Houve um outro estrato onde ficaram o tratamento nabo + ervilhaca e centeio + nabo, e por fim a testemunha. Como fatores em comum dos dois melhores tratamentos está a presença de centeio e ervilhaca: esta combinação aliou duas espécies com fenologia e hábitos de crescimento distintos, possibilitando assim interações sinérgicas que favoreceram a produção de biomassa de culturas de cobertura, e conseqüente redução na biomassa de espontâneas.

Na segunda coleta os tratamentos nabo + ervilhaca e centeio + nabo apresentaram os valores mais altos para biomassa de plantas espontâneas, tendo como fator comum a presença de nabo forrageiro, ainda que não diferindo estatisticamente dos demais. Possivelmente pelo tipo de resíduo deixado por esta cultura de cobertura – folhas que degradam rapidamente e talos remanescente mais grossos que os do centeio – houve maior entrada de luz para o solo e menor impedimento físico para germinação e crescimento de plantas espontâneas. O centeio forma uma camada de palha relativamente fechada, pois tem talos finos e longos, enquanto a ervilhaca, com seu hábito de crescimento, forma um emaranhado sobre o solo.

É importante relacionar a degradação da palhada com a biomassa de plantas espontâneas: uma vez que em todos os tratamentos há um aumento na biomassa, é necessário ressaltar que esta

foi mais alta nos tratamentos com uma maior taxa de degradação de massa de resíduos, como no caso da testemunha, centeio+ nabo e ervilhaca + nabo.

Entre as espécies de plantas espontâneas mais observadas figuram o leiteiro (*E. heterophylla*), picão-preto (*Bidens pilosa*), picão-branco (*Galinsoga parviflora*), papuã (*Brachiaria plantaginea*), corda de viola (*Ipomea sp.*) e algumas espécies do gênero *Paspalum*. Todas estas espécies são consideradas pela literatura da área como “plantas daninhas” (LORENZI, 1991; KISSMANN & GROTH, 1997). Elas causam vários problemas como competição com as culturas e dificuldades na colheita, entre outros. Entretanto, há várias oportunidades a serem exploradas quanto à manutenção dessas plantas.

O papuã, gramínea anual de verão com rendimento de até 8 Mg ha⁻¹ de matéria seca (MARTINS et al, 2000), produz uma forragem de excelente qualidade para pastoreio direto e também apropriada para fenação, alcançando 12% de proteína bruta (LORENZI, 1991). Juntamente com a leguminosa de verão mucuna cinza (*Stizolobium niveum*), o capim papuã tem recuperado solos depauperados na região do Alto Vale do Itajaí – SC, protegendo-os da erosão (PEREIRA, 1999; MACHADO, 2004) e integrando-se de forma muito adequada em um sistema de rotação com fumo e milho. Em lavouras, os animais podem pastar na área após a colheita, fertilizando o solo com esterco e urina, e auxiliar na formação de cultivos pelo rebaixamento da vegetação e incorporação de sementes no solo para formação de pastagens de inverno, a chamada sobre-semeadura, que consiste na semeadura de espécies forrageiras sobre a vegetação existente, sem distúrbio do solo, utilizando pisoteio dos animais para pôr a semente em contato com o solo.

O picão-preto tem suas folhas utilizadas na alimentação de pessoas em diferentes locais no mundo. Na África é consumida como salada, e conforme citam Ogle e Grivetti (1985), a folhosa silvestre mais consumida na Suazilândia. Esta espécie também tem potencial uso na fitoterapia, sendo utilizada para tratamento de problemas gastrointestinais (HILLOCKS, 1998).

Além desses usos, as plantas espontâneas podem atuar como as plantas de cobertura, cobrindo o solo em locais onde não há sementes ou que não tenham condições de fertilidade adequadas ao seu desenvolvimento. Outros serviços são a recuperação do solo e possibilidade de uso como refúgio e fonte de alimentos para animais. A coexistência das plantas espontâneas com as culturas depende da qualidade da interação que ocorre entre estas; assim, deve-se realizar esforços para possibilitar a existência de uma diversidade funcional, e não favorecer relações de competição entre cultura – espontâneas.

No teste de homogeneidade para a diversidade das plantas espontâneas de verão o valor de F_{\max} foi maior do que o F tabelado, indicando que houve interação entre blocos e tratamentos. De maneira geral, estes dados foram bastante erráticos, e visualmente já era possível perceber que não havia um padrão na diversidade de plantas na área do experimento. Para que se pudesse proceder com uma análise de variância, seria necessário elevar o número e tamanho de sub-amostras.

6.2.3. Rendimento da cultura de verão

O rendimento do feijão foi avaliado no mês de março, o que é considerado como safrinha, uma lavoura com expectativa de rendimento menor do que o feijão plantado na época preferencial. Isso ocorreu em razão da estiagem ocorrida no final do ano de 2005 (Figura 4). Também em razão das condições climáticas algumas plantas espontâneas, principalmente o leiteiro, puderam germinar antes e iniciar com antecedência a colonização da área, o que resultou em alta infestação inicial, dificultando o desenvolvimento da cultura. Optou-se por não realizar capina ou qualquer outra operação de manejo de espontâneas, a fim de testar todo o potencial das culturas de cobertura de inverno. Em alguns tratamentos o feijão ainda conseguiu se desenvolver em níveis razoáveis (Figura 12), principalmente pela arquitetura da planta, que tem uma grande plasticidade de crescimento lateral, o que compensa em parte a ocupação do espaço pelas espontâneas.

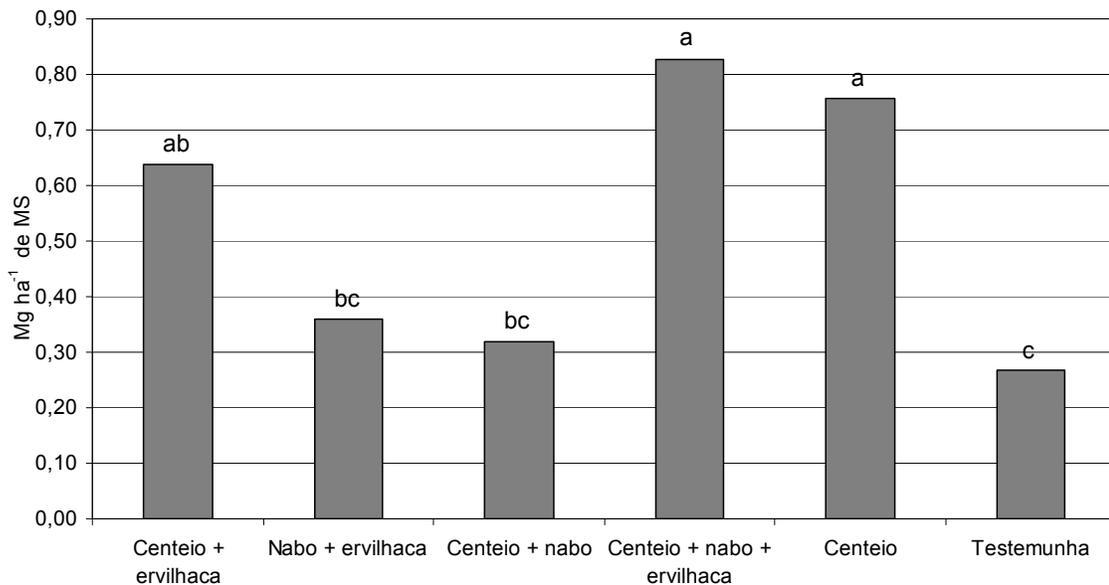


Figura 12: Rendimento de feijão em toneladas de grão por hectare em áreas anteriormente cultivadas com diferentes culturas de cobertura. Colunas com a mesma letra não apresentam diferenças significativas pelo teste de DMS-Fischer ($p \leq 0,05$).

Houve diferenças significativas entre os tratamentos, com destaque para os tratamentos trio de culturas de cobertura – tratamento centeio + ervilhaca + nabo forrageiro, centeio + ervilhaca e o centeio solteiro. No tratamento com trio de culturas de cobertura houve uma

produção de biomassa de plantas espontâneas mais alta no início da estação de cultivo, promovido principalmente pela planta espontânea leiteiro, que sofre pouca influência da cultura de cobertura, mas que foi controlado naturalmente por um fungo patogênico, num claro exemplo de controle biológico.

Os tratamentos do centeio solteiro e centeio + ervilhaca apresentaram rendimentos estatisticamente iguais ao obtido com o trio de culturas de cobertura. Isso pode ter ocorrido pelo efeito alelopático do centeio, que está sendo investigado no momento. No caso do centeio associado à ervilhaca, pode ter ocorrido uma manutenção do efeito inibidor do centeio sobre as espontâneas, mesmo quando se diluiu a sua população. Isto indica que o centeio cumpre importante papel no rendimento do feijão.

Os tratamentos nabo forrageiro + ervilhaca e centeio + nabo obtiveram rendimentos baixos, quando comparados aos demais, e que não se diferenciaram da testemunha. Nestes tratamentos as plantas de feijão estavam muito debilitadas, aparentando ter sofrido com a competição com as plantas espontâneas, especialmente no final do ciclo. No caso do tratamento nabo forrageiro + ervilhaca não foi possível fazer uma identificação da possível causa desta baixa produção, pois a biomassa de ervilhaca produzida no final da estação foi relativamente alta. Uma suposição é a de que a cobertura de nabo, por ser constituída basicamente de talos, tenha imobilizado o nitrogênio que a ervilhaca liberaria, além de permitir o crescimento de mais plantas espontâneas na área, aumentando a competição com o feijão. Já no caso do tratamento centeio + nabo forrageiro pode haver alguma relação com a alta biomassa de plantas espontâneas já no inverno, tendência mantida durante o ciclo do feijão.

O rendimento obtido no melhor tratamento foi de aproximadamente 830 kg/ha, contra o valor médio de 897 kg/ha obtido na microrregião produtora de Joaçaba, onde se insere Campos Novos (EPAGRI/CEPA, 2007).

6.3. Relações entre as variáveis

A análise das correlações entre as diferentes variáveis demonstra a existência de ligações entre certos fatores. O quadro de correlações (Tabela 3) permite a visualização da interação dos diferentes fatores, o que por vezes ocorre de forma indireta. Um exemplo disso é a cobertura de solo com a biomassa das culturas de cobertura, bem como sua influência sobre as plantas espontâneas de inverno.

Tabela 3. Correlações (r) entre as diferentes variáveis avaliadas (* $p \leq 0,05$, ** $p \leq 0,01$).

Fator	Cobertura do solo	Biomassa das culturas de cobertura	Biomassa das espontâneas inverno	Diversidade de espontâneas inverno	Diversidade de espontâneas verão	Degradação da palhada	Biomassa das espontâneas verão	Rendimento de feijão
Cobertura do solo	1	0,925**	-0,948 **	-0,236	-0,564	0,699	-0,886**	0,807*
Biomassa das culturas de cobertura		1	-0,962**	0,016	-0,608	0,795*	-0,896**	0,613
Biomassa das espontâneas inverno			1	-0,042	0,635	-0,65	0,909**	-0,663
Diversidade de espontâneas inverno				1	-0,242	-0,01	-0,019	-0,336
Diversidade de espontâneas verão					1	-0,586	0,303	-0,151
Degradação da palhada						1	-0,621	0,513
Biomassa das espontâneas verão							1	-0,803*
Rendimento de feijão								1

A cobertura do solo pelas culturas de cobertura relaciona-se negativamente com a biomassa das espontâneas de inverno, ao passo que estas se correlacionam positivamente à biomassa das espontâneas de verão. Esta análise apresenta claramente o efeito de dependência das diferentes variáveis, inclusive mostrando que as plantas espontâneas (tratamento testemunha) não tiveram um efeito positivo para a cobertura do solo, além de estar positivamente correlacionada com a biomassa das espontâneas de verão.

Em um primeiro momento pode-se supor que a biomassa de plantas espontâneas no inverno não influenciaria o rendimento do feijão. Porém, com a tabela de correlações pôde-se verificar que há uma correlação positiva entre biomassa de espontâneas de inverno com biomassa de espontâneas de verão; esta, por sua vez, tem alta influência sobre o rendimento do feijão.

A cobertura do solo pelas plantas de cobertura também exerceu uma influência sobre a biomassa de espontâneas durante o verão em função da maior produção de biomassa e uma cobertura do solo mais efetiva com a palhada.

A taxa percentual de degradação da palhada teve uma relação alta com a biomassa das culturas de cobertura, indicando que a decomposição é mais intensa à medida que se obtenha mais biomassa. Parte da importância disto reside na liberação de nutrientes para os cultivos, de forma gradual, evitando assim a perda por lixiviação ou outros processos. Por outro lado, a correlação negativa com as plantas espontâneas de inverno indica que estas não têm uma taxa de decomposição tão alta quanto àquela das espécies de cobertura.

A diversidade de plantas espontâneas de inverno não chegou a ter correlação significativa com outros fatores. Por outro lado, a diversidade de espontâneas no verão mostrou-se relacionada positivamente à biomassa de espontâneas de inverno e de forma negativa à produção de biomassa das culturas de cobertura. Entretanto, a possibilidade de manutenção de uma maior diversidade na área de cultivo é uma oportunidade de se beneficiar dos serviços que estas podem oferecer dentro da idéia de biodiversidade funcional, como fonte de abrigo e alimentação alternativa à insetos e outros animais predadores de pragas, bem como iniciar processos de recuperação do solo. Tais aspectos merecem estudos mais aprofundados.

De modo geral, pode-se afirmar que a base do sistema continua sendo a maior produção possível de biomassa de plantas de cobertura, com posterior manutenção desta sobre o solo, evitando a degradação.

O rendimento do feijão apresenta alta dependência da cobertura do solo no final do inverno e, em menor grau, da biomassa das culturas de cobertura, indicando que a inibição da presença das espontâneas refere-se mais à cobertura do solo do que da produção de biomassa em si. Essa mesma taxa de cobertura relacionou-se negativamente com a incidência de espontâneas de verão.

Há um índice de regressão negativo entre a biomassa das culturas de cobertura com a biomassa de espontâneas de verão, o que é efeito da cobertura do solo.

Outra relação alta ocorre entre a biomassa de espontâneas de inverno e a biomassa de espontâneas de verão. A manutenção de plantas espontâneas durante o inverno, como é o caso de sistemas que utilizam o pousio, não reduz a biomassa de espontâneas no verão, podendo até beneficiar estas. Assim, reforça-se a idéia de que é necessário intervir no agroecossistema através

da manutenção de culturas de cobertura nas lavouras durante o inverno, beneficiando-se disto as culturas econômicas de verão.

Mesmo com taxas de degradação mais altas nas culturas de cobertura que obtiveram uma produção de biomassa igualmente maior, como evidenciado pelo valor de 0,795, as culturas de inverno ainda beneficiaram a cultura econômica de verão.

A diversidade não tem nenhuma relação alta com outros fatores, talvez por terem sido empregados os valores da última amostragem, além da alta variabilidade encontrada nas amostragens, não tendo se mostrado um indicador confiável nas condições deste trabalho.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS:

A utilização de culturas de cobertura tem várias finalidades, entre as quais proteger e enriquecer o solo, reduzir a carga de trabalho do agricultor e aumentar a eficiência dos processos biológicos e produtivos. A possibilidade de utilizar as culturas de cobertura sem herbicidas torna-se ainda mais atraente, pois reduz a dependência dos agricultores, o risco de contaminação do ambiente e de intoxicação de agricultores e consumidores. A vantagem da utilização de misturas de culturas de cobertura vem da possibilidade de explorar possíveis efeitos sinérgicos, como os diferentes hábitos de crescimento e ciclos edáficos, onde cada espécie tem um papel a cumprir. Esta idéia serve de reforço para a diversificação dos sistemas, afirmando que é viável e possível conciliar rendimento agrícola com práticas mais coerentes de uso da terra. Os resultados mostraram que é possível manter uma diversidade de plantas que não são cultivadas dentro das áreas de cultivo, preservando a diversidade do agroecossistema sem inviabilização da produção. Com os resultados obtidos fica clara a necessidade de uma grande produção de biomassa das culturas de cobertura, de diferentes espécies – no caso deste trabalho, centeio + ervilhaca + nabo forrageiro, bem como para uma ocupação rápida do solo, dificultando assim a instalação de plantas espontâneas e protegendo melhor o solo. Foram evidenciadas algumas das potencialidades das plantas espontâneas nos agroecossistemas, que podem ser muito benéficas, desde que manejadas dentro de uma visão abrangente, que considere as distintas dimensões (econômica, ambiental, social e cultural) das atividades e da vida do agricultor.

8. CONCLUSÕES:

O rendimento do feijoeiro é beneficiado pelo uso da combinação de centeio, ervilhaca e nabo forrageiro ou do centeio solteiro.

O índice de cobertura do solo pelas culturas de cobertura é uma variável mais relacionada ao rendimento da cultura comercial e à diminuição da vegetação espontânea do que a produção de biomassa das culturas de cobertura.

Entre os diferentes tratamentos, a ervilhaca desempenhou um papel muito importante em promover uma melhor cobertura do solo durante o inverno, bem como uma cobertura que se manteve por mais tempo sobre o solo. Quando em associação com a aveia ou no trio de culturas de cobertura também propiciou um maior rendimento do feijão, demonstrando assim a importância de incluir esta espécie em misturas de culturas de cobertura.

O emprego de culturas de cobertura que ocupem rapidamente o solo e produzam grande biomassa são componentes importantes para viabilizar o plantio direto sem herbicidas, sendo este parte das estratégias de redesenho de agroecossistemas.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGGARWAL, G.C.; PIMENTEL, D.; GIAMPIETRO, M. Weed benefits and costs in rice and wheat production in India. **Agric. ecosystems environ.**, 39: 235-244, 1992.

AGROFIT. Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento. Disponível em <http://extranet.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acessado em 08/2005.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J.; HUBNER, A. P.; CHIAPINOTTO, I. C.; FRIES, M.R. Cover crop mixtures preceding no-till corn. I - soil nitrogen dynamics. **Revista brasileira de ciência do solo**, 28 (4): 739-749. 2004.

ALTIERI, M. A. Ecología y manejo de malezas. In: GARCÍA, L. **Curso para diplomado de posgrado Agroecología y Agricultura sostenible** - Módulo II. La Habana, Cuba: CEAS-UNAH, 1999, p. 62-83.

ALTIERI, M. A.; NICHOLLS, C. I. **Agroecología: teoría y práctica para una agricultura sustentable**. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente - Red de Formación Ambiental para América Latina y el Caribe. México D.F.2000. 240 p.

ALTIERI, M.A. & NICHOLLS, C.I. Biodiversity, ecosystem function and insect pest management in agricultural systems. W.W. Collins and C.O. Qualset (eds.) **Biodiversity in agroecosystems**, CRC Press, Boca Raton. 1999.

ANAYA, A. L. Allelopathy as a Tool in the Management of Biotic Resources in Agroecosystems. **Critical reviews in plant sciences**, 18(6): 697–739, 1999.

BAKER, H. G. The evolution of weeds. **Annu. rev. ecol. syst.**, 5:1-24, 1974.

BARBERI, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? European Weed Research Society: **Weed research**, 42:177–193, 2002.

BARBERI, P., MAZZONCINI, M. Changes in weed community composition as influenced by cover crop and management system in continuous corn. **Weed science**, 49:491–499, 2001.

BARNES, J. P.; PUTNAM, A. R. Rye residues contribute weed suppression in no-tillage systems. **Journal of chemical ecology**, New York, v. 9, n. 8, p. 1045-1057, 1983.

BAZZAZ, F. A.; The physiological ecology of plant succession. **An. rev. ecol. syst.**, 10:351-71, 1979.

BILALIS, D.; EFTHIMIADIS, P.; SIDIRAS, N. Effect of three tillage systems on weed flora in a 3-year rotation with four crops. **Journal of agronomy and crop science**, 186 (2): 135 –141. 2001.

BOOTH, B.D. & SWANTON, C.J. Assembly theory applied to weed communities. **WEED SCIENCE**, 50 (1): 2-13, 2002.

BOTTOMLEY, P. J.; SAWYERA, T. E.; BOERSMAA, L.; DICKA, R.P.; HEMPHILL, D.D. Winter cover crop enhances 2,4-D mineralization potential of surface and subsurface soil. **Soil biology and biochemistry**, 31:849-857, 1999.

BRASIL. Portaria n. 101. Aprovação do Zoneamento Agrícola para a cultura da Soja no Estado de Santa Catarina, ano safra 2005/2006. Diário Oficial da União, 09/09/2005.

BUHLER, D.D. Population dynamics and control of annual weeds in corn (*Zea mays*) as influenced by tillage systems. **Weed sci.** 40:241–248, 1992.

CAPORAL, F.R. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios** / por CAPORAL, F. R & COSTABEBER, J. A. 24p. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004.

CEPA. Informe conjuntural <<http://cepa.epagri.sc.gov.br>>. Acessado em janeiro de 2007.

CIRAM/EPAGRI. Centro de informações e recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina. <www.ciram.epagri.rct-sc.br>. Acessado em 12/2006.

CLARK M.S.; FERRIS, H.; KLONSKY, K.; LANINI, W.T.; VAN BRUGGEN, A. H. C. & ZALOM, F.G. Agronomic, economic, and environmental comparison of pest management in conventional and alternative tomato and corn systems in Northern California. **Agriculture ecosystems and environment**, 68:51–71, 1998.

CLEMENTS, D.R.; DITOMMASO, A.; JORDAN, N. et al. Adaptability of plants invading north American cropland. **Agriculture ecosystems & environment**, 104 (3): 379-398, 2004.

CORNISH, P.S. Glyphosate residues in a sandy soil affect tomato transplants. **Australian journal of experimental agriculture** 32 (3): 395-399, 1992.

CREAMER, N. G.; BENETT, M. A.; STINNER, B. R.; CARDINA, J.; REGNIER, E. E. Mechanisms of weed suppression in cover crop-based production systems. **HortScience**, 31 (3): 410-413, 1996.

DALLEGRAVE, E.; MANTESE, F.D.; COELHO, R.S. et al. The teratogenic potential of the herbicide glyphosate-Roundup (R) in Wistar rats. **Toxicology letters**, 142 (1-2):45-52, 2003.

DAROLT, M. Manejo do sistema de plantio direto na pequena propriedade. In: PEIXOTO, R.T.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: IAPAR, 1997. p.125-157.

DERPSCH, R. Background Papers, (International) Historical review of No-tillage Cultivation of crops. **FAO international guidelines on conservation tillage for sustainable agriculture**, Zimbabwe. 1998.

DERPSCH, R. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura do solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo**. Eschborn: Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarb, 1991. 272 p.

DERPSCH, R., CALEGARI, A. **Guia de plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: IAPAR, 1985. 96 p.

EKBOIR, J. Sistemas de inovación y política tecnológica: siembra directa em el MERCOSUR. In: DÍAZ ROSSELLO, R. **Siembra directa en el Cono Sur**. Montevideo, Uruguay: PROCISUR, 2001, p. 1-19.

Epagri. **Zoneamento agroecológico e socioeconômico do estado de Santa Catarina**. CDROM. Florianópolis, 1999.

EPAGRI/CEPA. Centro de Estudos de Safras e Mercados. <<http://cepa.epagri.sc.gov.br>>. Acessado em 01/2007.

FONTANETTO, H. & KELLER, O. Efecto de diferentes labranzas sobre propiedades edáficas de un argiudol. In: DÍAZ ROSSELLO, R. **Siembra directa en el Cono Sur**. Montevideo, Uruguay: PROCISUR, 2001, p. 275-287.

FREITAS, V. H. Plantio direto nas pequenas propriedades de Santa Catarina – como viabiliza-lo. In: PEIXOTO, R.T.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (Ed.). **Plantio direto: o caminho para uma agricultura sustentável**. Ponta Grossa: Iapar, 1997. p.125-157.

FROUD-WILLIAMS, R. J.; CHANCELLOR, R. J. & DRENNAN, D. S. H. The effects of seed burial and soil disturbance on emergence and survival of arable weeds in relation to minimal cultivation. **J. appl. ecol.**, 21, 629–641, 1984.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. 2° ed. Porto Alegre: Ed. UFRGS, 2001. 653 p.

HARLAN, J. R. Crops, weeds and revolution. **The scientific monthly**. Vol. 80, n. 5:299-303, 1955.

HART, M. M.; TREVORS, J. T. Microbe management: application of mycorrhizal fungi in sustainable agriculture. **Frontiers in ecology and the environment** 3 (10): 533-539, 2005.

HELIAS, H. T.; HEMP, S.; FLESCHE, R. D.; NICKNICH, W.; ALEXANDRE, D. A. SCS 202 - Guará: nova cultivar de feijoeiro para o Estado de Santa Catarina. In: **IV Reunião técnica catarinense de milho e feijão**. Lages, SC: CAV-UDESC, 2003. v. 4. p. 320-322.

HILLOCKS, R. J. The potential benefits of weeds with reference to small holder agriculture in Africa. **Integrated pest management reviews**, 3:155-167, 1998.

IBGE – Dados por estados <www.ibge.gov.br>. Acessado em 03/2007.

IBGE. Banco de dados agregados – SIDRA. Disponível em <www.ibge.gov.br>. Acessado em 03/2007.

ISAAC, S. R.; NAIR, M. A. Biodegradation of leaf litter in the warm humid tropics of Kerala, India. **Soil biology & biochemistry**, 37:1656–1664, 2005.

KHATOUNIAN, C. A. **A reconstruo ecológica da agricultura**. Botucatu, SP: Agroecológica, 2001, 348p.

KISSMANN, Kurt Gottfried; GROTH, Doris. **Plantas infestantes e nocivas**. 2.ed. rev. ampl. São Paulo: BASF, 1997.

KLEIJN, D. & SUTHERLAND, W.J. How effective are European agri-environment schemes in conserving and promoting biodiversity? **Journal of applied ecology** 40 (6): 947-969, 2003.

KNEZEVIC, S. Z.; EVANS, S. P.; BLANKENSHIP, E. E. et al. Critical period for weed control: the concept and data analysis. **Weed science**, 50 (6): 773-786, 2002.

KREBS, C. J. **Ecological methodology**. Addison-Welsey Educational publishers, Menlo Park. 2^o ed. 1998. 581 p.

KREMER, R.J. & LI, J.M. Developing weed-suppressive soils through improved soil quality management. **Soil & tillage research** 72 (2): 193-202, 2003.

KROMP, B. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. **Agriculture, ecosystems and environment** 74:187–228, 1999.

KUBOTA, A.; HOSHIBA, K. & BORDON, J. Green-manure turnip for soybean based no-tillage farming systems in eastern Paraguay. **Sci. agric**. Piracicaba, vol.62, no.2, p.150-158, 2005.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima Artes e Textos, 2000. 428 p.

LEAL, J. C. **Plantas da lavoura Sul-Rio-Grandense**. Porto Alegre. UFRGS, 1970. 321 p.

LEVANTAMENTO agropecuário de Santa Catarina. Florianópolis: Instituto CEPA-SC, 2005. 255p.

LI, Y. The development and future trend of weed science in mainland China. **Weed technol.**, 1: 259-264, 1987.

LIEBMAN, M. & E.R. GALLANDT. Many little hammers: ecological approaches for management of crop-weed interactions in: **Agricultural ecology**, JACKSON, L. E. (ed.). Physiological Ecology Series, Academic Press, San Diego. 1997. pp. 291-343.

LITTLE, T. M.; HILLS, F. J. **Agricultural experimentation: design and analysis**. New York: J. Wiley, 1978. 350 p.

LORENZI, H. **Plantas daninhas do Brasil: terrestres, aquáticas, parasitas, tóxicas e medicinais**. 2. ed. Nova Odessa (SP): Plantarum, 1991. 440 p.

MACHADO, A. F. L.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R.; AGNES, E.; TUFFISANTOS, L. D. Population Dynamic of Weeds in No-Tillage and Conventional Crop Systems. **Journal of environmental science and health Part B - Pesticides, Food and Agricultural Wastes**. , v.B40:119 - 128, 2005.

MACHADO, L. C. P. **Pastoreio racional Voisin: tecnologia agroecológica para o terceiro milênio**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2004. 314 p.

MACHADO, P. L. O. A. **Plantio direto: situação atual e desafios**. <www.embrapa.br> (acessado em 08/2005).

MARTINS, J. D.; RESTLE, J.; BARRETO, I. L. Produção animal em capim papuã (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitchc) submetido a níveis de nitrogênio. **Ciência rural**, Santa Maria, v. 30, n. 5, 2000. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782000000500025&lng=pt&nrm=iso>. Acesso em: 06 Abr 2007.

MOHLER, C. L.; CALLOWAY, M. B. Effects of tillage and mulch on the emergence and survival of weeds in sweet corn. **J. appl. ecol.**, 29:21–34. 1992.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades**. Chapecó. Editora do Autor. 1991. 337 p.

MOONEN, A. C. & BÀRBERI, P. Size and composition of the weed seedbank after 7 years of different cover-crop-maize management systems. **Weed RESEARCH**, 44:163–177, 2004.

MOREIRA, F. M. S. & SIQUEIRA, J. O. Microbiologia e bioquímica do solo. Lavras: UFLA, 2002. 625 p.

MUCHOVEJ, J.J. & CARVALHO, A.O. A new combination for *Helminthosporium euphorbiae*. **Mycotaxon** 35: 159–162, 1989.

MUZILLI, O. Plantio direto em solos de baixa aptidão agrícola. In: CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. (Ed.). **Uso e manejo dos solos de baixa aptidão agrícola**. Circular Técnica, 108. Londrina: IAPAR, 1999. p. 100-123.

NECHET, K. L., BARRETO, R. W.; MIZUBUT, E. S. G. *Bipolaris euphorbiae* as a biological control agent for wild poinsettia (*Euphorbia heterophylla*): host-specificity and variability in pathogen and host populations. **BioControl**, 51:259–275, 2006.

NETO, F. S. Controle de plantas daninhas em plantio direto nas pequenas propriedades. In: **Encontro latino americano sobre plantio direto na pequena propriedade**; Instituto Agrônômico do Paraná. Anais. Ponta Grossa: IAPAR, 1993. 428 p.

OGLE, B. M. & GRIVETTI, L.E. Legacy of the chameleon; edible wild plants in the Kingdom of Swaziland. A cultural, ecological and nutritive study. Part II - Demographics, species availability and dietary use, analysis by ecological zone. **Ecol. of food and nutrition**, 17:1-30, 1985.

ORYOKOT J.O.E.; MURPHY, S. D.; Swanton, C. J. Effect of tillage and corn on pigweed (*Amaranthus* spp.) seedling emergence and density. **Weed sci.** 45:120–126, 1997.

PEACHEY, R.E.; WILLIAM, R. D.; MALLORY-SMITH, C. Effect of no-till or convencional planting and cover crops residues on weed emergence in vegetable row crop. **Weed technology**, 18:1023-1030, 2004.

PENFOLD, C. M.; MIYAN, M. S.; REEVES, T.G. & GRIERSON, I. T.; Biological farming for sustainable agricultural production. **Australian journal of experimental agriculture**, 35:849–856, 1995.

PEREIRA, J. C. **Roland Ristow: uma contribuição ao estudo da agricultura sustentável**. Florianópolis, 1999. 111f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas) – Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas, Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Santa Catarina. 1999.

PHILLIPS, E. R. & PHILLIPS, S. H. **No-tillage agriculture, principles and practices**. Van Nostrand Reinhold Co: New York, 1984. 306 p.

PHILLIPS, S. H. & YOUNG, H. M., 1973: **No-tillage farming**. Reiman Associates, Milwaukee, Wisconsin, 224 pp; in Fao Agricultural Support Systems Division. <www.fao.org>, acessado em 08/2005.

PHILLIPS, S. H.; No tillage – Past, present and future. In: **Simpósio internacional sobre plantio direto em sistemas sustentáveis**; SADE, Maury. Anais... Castro, PR: Fundação ABC, 1993. 252 p.

PIMENTEL, D.; HEPPERLY, P.; HANSON, J.; DOUDS, D.; SEIDEL, R. Environmental, Energetic, and Economic Comparisons of Organic and Conventional Farming Systems. **BioScience**. vol. 55, n. 7:573-582, 2005.

PULLEMAN, M. M.; SIX, J.; van BREEMEN, N. et al. Soil organic matter distribution and microaggregate characteristics as affected by agricultural management and earthworm activity. **European journal of soil science** 56 (4): 453-467, 2005.

RADOSEVICH, S. R.; HOLT, J.; GHERSA, C. **Weed ecology: implications for management**. New York. John Wiley & Sons. 2° ed. 1996. 594 p.

REIJNTJES, C. **Agricultura para o futuro: uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA 1999. 324 p.

RIBEIRO, M. F. dos S.; BENASSI, D. A.; SAMAHA, M. J. Implicações do plantio direto em pequenas propriedades no Centro-Sul do Paraná. In: **Encontro latino americano sobre plantio direto na pequena propriedade**; (1.; 1993; PONTA GROSSA, PR); Instituto Agronômico do Paraná. Anais. Ponta Grossa: IAPAR, 1993. 428 p.

ROSLON, E. & FOGELFORS H. Crop and weed growth in a sequence of spring barley and winter wheat crops established together from a spring sowing (relay cropping). **Journal of agronomy and crop science**, vol. 189 (3): 185, 2003.

ROWE, E. **Avaliação de plantas de cobertura e da comunidade infestante em duas situações de cultivo**. Dissertação de mestrado do curso de Agroecossistemas – CCA/UFSC. 1997.

SARRANTONIO, M. **Soil-improving legumes: methodologies for screening**. Kutztown, PA: Rodale Institute, 1991.

SATURNINO, H, M. & Landers, J. N. **O meio ambiente e o plantio direto**. Goiânia: APDC. 1997. 116 p.

SCHOENAU, J. & CAMPBELL, C. A. Impact of crop residues on nutrient availability in conservation tillage systems. **Canadian journal of plant science**, 76 (4): 621-626, 1996.

SHANNON, C. E. & WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. University of Illinois Press. Urbana, IL. 1962.

SHAW, D. R. Remote sensing and site-specific weed management. **Frontiers in ecology and the environment**, 3 (10): 526-532, 2005.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature** 163:688. 1949.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2003-2004. Florianópolis: Instituto CEPA/SC. 2004. <www.cepa.epagri.gov.sc.br> acessado em 03/2007.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2004-2005. Florianópolis: Instituto CEPA/SC. 2005. <www.cepa.epagri.gov.sc.br> acessado em 03/2007.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2005-2006. Florianópolis: Instituto CEPA/SC. 2007. <www.cepa.epagri.gov.sc.br> acessado em 03/2007.

SMITH, R.; MAXWELL, B.; MENALLED, F. D. & REWA, L. J. Lessons from agriculture may improve the management of invasive plants in wildland systems. **Frontiers in ecology and the environment**: 4 (8):428–434, 2005.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE CIENCIA DO SOLO. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. Porto Alegre: **SBCS-NRS**, 2004. 394p.

SPIEGEL, M. R. **Estatística**. São Paulo: MacGraw-Hill do Brasil, 1977. 580 p.

STONEHOUSE, D. P.; WEISE, S. F.; SHEARDOWN, T.; GILL, R. S. & SWANTON, C. J. A case study approach to comparing weed management strategies under alternative farming systems in Ontario. **canadian journal of agricultural economics – Revue canadienne d'économie rurale** 44:81–99, 1996.

TAYLORSON, R. B. & BORTHWICK, H. A. Light filtration by foliar canopies: significance for light-controlled weed seed germination. **Weed sci.**, 17:48-51. 1969.

TEASDALE, J. R. & MOHLER, C.L. Light transmittance, soil-temperature, and soil-moisture under residue of hairy vetch and rye. **Agronomy journal** 85 (3):673-680, 1993.

TEASDALE, J.R.; & MOHLER, C.L. The quantitative relationship between weed emergence and the physical properties of mulches. **Weed science**, 48:385–392, 2000.

TILMAN, D. The greening of the green revolution. **Nature**, v. 396, 19/11/98. p. 211-212.

TIMMONS, F. L. A history of weed control in United-States and Canada. **WEED SCIENCE**, 18 (2): 294, 1970.

VARGAS, M. A. T. & HUNGRIA, M. **Biologia dos solos dos cerrados**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1997. 524 p.

VATOVEC, C.; JORDAN, N. & Huerd, S. Mycorrhizal responsiveness among certain agronomic weed species. **Renewable Agriculture and Food Systems**, 20 (3): 181-189, 2005.

VAVILOV, N. I. The Origin, Variation Immunity and Breeding of Cultivated Plants. **The quarterly review of biology**, Vol. 27 (3):316, 1952.

WALSH, L.P.; MCCORMICK, C.; MARTIN, C. et al. Roundup inhibits steroidogenesis by disrupting steroidogenic acute regulatory (StAR) protein expression. **Environmental health perspectives**, 108 (8): 769-776, 2000.

YAMADA, T., Informações agronômicas. **Potafós** n° 107. Piracicaba, SP. Setembro, 2004. p. 22.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. 3° ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996. 662 p.

ZIMDAHL, R. L. **Weed-crop competition: a review**. Ames, IA: Blackwell Publishing. p. 27–106, 2004.