

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

**EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO SOBRE CULTIVOS DE
MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM TRÊS REGIÕES DO
ESTADO DE SANTA CATARINA**

IVAN IURI BONJORNO

Florianópolis, (Junho / 2009)

IVAN IURI BONJORNO

EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO SOBRE
CULTIVOS DE MILHO E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO
EM TRÊS REGIÕES DO ESTADO DE SANTA CATARINA

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
Co-orientador: Prof. Dr. Jucinei José Comin

FLORIANÓPOLIS

2009

FICHA CATALOGRÁFICA

B715e Bonjorno, Ivan Iuri

Efeito de plantas de cobertura de inverno sobre cultivos de milho e feijão em sistema de plantio direto em três regiões do estado de Santa Catarina [dissertação] / Ivan Iuri Bonjorno ; orientador, Paulo Emílio Lovato. - Florianópolis, SC, 2009.

85 f.: il., tabs., grafs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

Inclui bibliografia

1. Agricultura. 2. Agroecossistemas. 3. Plantas de cobertura de inverno. 4. Plantio direto. 5. Plantas espontâneas. 6. Milho. I. Lovato, Paulo Emílio. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas. III. Título.

CDU 631

IVAN IURI BONJORNO

EFEITO DE PLANTAS DE COBERTURA DE INVERNO SOBRE CULTIVOS DE MILHO
E FEIJÃO EM SISTEMA DE PLANTIO DIRETO EM TRÊS REGIÕES DO ESTADO DE
SANTA CATARINA

Dissertação aprovada em 26/06/2009, 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. Jucinei José Comin
Co-orientador:

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Alfredo Celso Fantini
Presidente

Prof. Dr. Cesar Assis Butignol
Membro

Prof. Dr. Edson Silva
Membro

Prof. Dr. Luiz Carlos Pinheiro Machado Filho
Membro

“Tudo posso naquele que me fortalece”

Filipenses 4:13

AGRADECIMENTOS

A Deus, por tudo.

Aos meus pais Ivan José Assêncio Bonjorno e Gildalva Maria dos Reis Bonjorno, e à minha irmã Aline Danielle Bonjorno, pelos exemplos de amor, honestidade, determinação e justiça. Muito obrigado por tudo! Com vocês aprendi os ensinamentos mais importantes desta vida.

À Jenniffer Novick Frugoni, por todo o amor e carinho, e por tornar o mundo um lugar melhor para se viver.

Ao irmão de consideração Renan Silva Maciel, por toda a força nos momentos difíceis.

À Dra. Ana Luiza Schumacher, pelo exemplo de comprometimento, responsabilidade e competência.

Ao Professor Paulo Emílio Lovato, por todas as orientações, ensinamentos e amizade. Obrigado por todas as oportunidades e pela compreensão.

Ao professor Jucinei José Comin, pela amizade e por estar sempre disposto a ajudar.

Ao amigo Lauro Artur Otávio Martins pela valiosa ajuda em todas as etapas do trabalho de campo, principalmente nos momentos mais difíceis.

Ao pesquisador Leandro do Prado Wildner, do Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar da Epagri de Chapecó, pelo apoio irrestrito em todos os momentos da pesquisa de campo e pela valiosa amizade.

Aos funcionários do Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar da Epagri de Chapecó, Santo Parizotto, Aloísio, Arlindo, entre outros, pela amizade e solicitude.

Ao pesquisador Cirio Parizotto e aos funcionários da Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, Luba e Néri, por toda a força.

Ao pesquisador Jamil Fayad e aos funcionários da Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, Pitz, Olindo, Carlitos, Wando, entre outros, por toda a disposição e auxílio nos trabalhos de campo.

Aos amigos Fabiana Brito e Adriano Darosci pelo apoio e pelos momentos de descontração. Aos amigos Ana Paula Neves, André Kieling, Aline Salami, Lido e Gabriel.

Aos amigos do mestrado Denilson Dortzbach e Cristiane Léis pelo carinho e fundamental ajuda nos trabalhos de campo.

Ao amigo Marcelo Venturi, por saber rir mesmo dos momentos difíceis da vida.

Ao amigo Getúlio dos Santos Soares, por me lembrar que ver pode ser muito mais que simplesmente olhar.

Aos pesquisadores Marcos Alberto Lana e Henrique von Hertwig Bittencourt, pelas importantes orientações no desenvolvimento do presente trabalho e pela amizade.

Ao professor Maurício Sedrez dos Reis, pelos ensinamentos.

Aos colegas do Laboratório de Ecologia do Solo da UFSC: Elaine, Cíntia, Almir, Luiz, Eduardo, Gabi, Elisa e Paula.

Aos professores do PGA, por todos os ensinamentos.

À Janete Guenka, secretária do PGA, pelo exemplo de profissionalismo e organização.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, pela bolsa de estudos.

À fundação CS-Fund/Warsh-Mott Legacy, por custear o trabalho.

A todos que, de uma forma ou de outra, auxiliaram no desenvolvimento deste trabalho.

SUMÁRIO

1. Introdução.....	15
2. Revisão Bibliográfica.....	20
2.1. Plantio Direto.....	20
2.2. Plantas de cobertura do solo.....	21
2.2.1. Uso de plantas de cobertura no controle de plantas espontâneas.....	24
2.2.1.1. Centeio (<i>Secale cereale</i>).....	26
2.2.1.2. Ervilhaca (<i>Vicia sativa</i>).....	26
2.2.1.3. Nabo forrageiro (<i>Raphanus sativus</i>).....	27
2.3. Transição agroecológica.....	28
3. Objetivos.....	29
3.1. Geral.....	29
3.2. Específicos.....	29
4. Material e Métodos	30
5. Resultados e Discussão.....	36
5.1. Produção de fitomassa de plantas de cobertura de inverno e plantas espontâneas.....	36
5.1.1. Chapecó.....	36
5.1.2. Campos Novos.....	38
5.1.3. Ituporanga.....	40
5.2. Cobertura do solo durante o ciclo das culturas de inverno.....	41
5.2.1. Chapecó.....	41
5.2.2. Campos Novos.....	43
5.2.3. Ituporanga.....	45
5.3. Produção de fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão.....	47
5.3.1. Chapecó	47
5.3.1.1. Milho em sistema de monocultivo.....	47
5.3.1.2. Feijão em sistema de monocultivo.....	49
5.3.1.3. Milho e feijão em sistema de policultivo.....	51
5.3.2. Campos Novos	52
5.3.2.1. Milho em sistema de monocultivo.....	52

5.3.2.2. Feijão em sistema de monocultivo.....	54
5.3.2.3. Milho e feijão em sistema de policultivo.....	56
5.3.3. Ituporanga	57
5.3.3.1. Milho em sistema de monocultivo.....	57
5.3.3.2. Feijão em sistema de monocultivo.....	59
5.3.3.3. Milho e feijão em sistema de policultivo.....	61
5.4. Rendimento da cultura de verão.....	62
5.5. Relação custo – benefício das culturas de cobertura de inverno no monocultivo de milho em Ituporanga.....	66
6. Conclusões.....	72
7. Referências Bibliográficas.....	73
ANEXOS.....	79

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 50, 85 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....37
- Figura 2.** Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 56, 82 e 110 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....40
- Figura 3.** Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 50, 85 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....42
- Figura 4.** Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 54, 92 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....44
- Figura 5.** Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 56, 82 e 110 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....46
- Figura 6.** Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....48
- Figura 7.** Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....50

Figura 8. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	51
Figura 9. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	53
Figura 10. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	55
Figura 11. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	56
Figura 12. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	58
Figura 13. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	60
Figura 14. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....	61

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 54, 92 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....39
- Tabela 2.** Rendimento de Milho Variedade Fortuna (t/ha) em sistema de Monocultivo, em experimento de Plantio Direto sem o uso de Herbicidas realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura do solo, utilizadas em misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....64
- Tabela 3.** Rendimento de Milho Variedade Fortuna (t/ha) em sistema de Policultivo, em experimento de Plantio Direto sem o uso de Herbicidas realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura do solo, utilizadas em misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções.....65
- Tabela 4.** Custo com sementes, receita bruta e retorno por unidade monetária investida nas culturas de cobertura de inverno.....67

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável fitomassa de plantas de cobertura e plantas espontâneas para cada tratamento em três épocas de amostragem (t de MS/ha), em experimentos realizados nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.....	79
Anexo 2. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável porcentagem de cobertura do solo durante o ciclo das culturas de inverno para cada tratamento em três épocas de amostragem, nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.....	79
Anexo 3. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo das culturas de verão para cada tratamento em três épocas de amostragem (t de MS/ha), em sistemas de mono e policultivo de milho e feijão nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.....	80
Anexo 4. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável rendimento da cultura de verão – milho em mono e policultivo (t/ha), em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga.....	81
Anexo 5. Laudo de análise de solos das áreas experimentais de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga, antes da implantação das culturas comerciais.....	81
Anexo 6. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Campos Novos.....	82
Anexo 7. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Ituporanga.....	82
Anexo 8. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Chapecó.....	83
Anexo 9. Esquemas simplificados para implantação das culturas econômicas nas Estações Experimentais de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.....	83
Anexo 10. Esquema detalhado para implantação das culturas econômicas nas Estações Experimentais, com delimitação de área total e área útil de colheita, em cada subparcela, para a estimativa do rendimento de grãos.....	84

Anexo 11. Distribuição da precipitação média mensal entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).....	84
Anexo 12. Médias das temperaturas mínimas mensais entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).....	85
Anexo 13. Médias das temperaturas máximas mensais entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).....	85

RESUMO

O sistema vigente de plantio direto depende do uso intensivo de herbicidas. A utilização de plantas de cobertura de inverno é um fator de grande importância nas estratégias que visam substituir o uso desses agrotóxicos e viabilizar a transição desse sistema para o sistema agroecológico. Este estudo teve como objetivos definir a melhor proporção de *Secale cereale*, *Vicia sativa* e *Raphanus sativus* para o controle de plantas espontâneas e promoção do rendimento de milho e feijão em mono e em policultivo no sistema de plantio direto. Os experimentos foram conduzidos nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga. Mensurou-se a fitomassa de plantas de cobertura de inverno e de plantas espontâneas durante o ciclo das plantas de cobertura (t/ha matéria seca), a cobertura do solo pelas plantas de cobertura de inverno (%), o rendimento das culturas comerciais em mono e policultivo (t/ha) e a fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo das culturas de verão (t/ha matéria seca). De maneira geral, nas três regiões, os tratamentos estudados não apresentaram diferenças estatísticas quanto à produção de fitomassa de plantas de cobertura de inverno e de plantas espontâneas, cobertura do solo e supressão das plantas espontâneas de verão. Em Ituporanga a produção de fitomassa de plantas de cobertura e a supressão de plantas espontâneas foram bem superiores em relação ao observado nos outros experimentos. Essa diferença deve-se ao fato de ter sido utilizado um acréscimo de 140% sobre a quantidade de sementes de plantas de cobertura testada em Chapecó e Campos Novos. Nos três experimentos não houve produção de grãos viáveis de feijão uma vez que o desenvolvimento foi prejudicado por fatores de competição com plantas espontâneas e de clima. Os rendimentos de milho nos experimentos de Campos Novos e Chapecó foram baixos em razão da grande quantidade de plantas espontâneas que se desenvolveram no local. Em Ituporanga foram obtidos bons rendimentos com o milho cultivado em sistema de mono e policultivo, que alcançaram produções de 6,7 e 5,3 t/ha respectivamente. No policultivo houve diferença estatística entre os tratamentos estudados, em que os tratamentos com predominância de centeio e com mistura das culturas de cobertura em partes iguais apresentaram o maior rendimento de grãos. Com base nos valores de rendimento de grãos da cultura do milho cultivado no experimento de Ituporanga, e nos valores gastos com as sementes das plantas de cobertura de inverno, verificou-se a viabilidade econômica do plantio direto sem herbicidas para essa cultura quando em sucessão às diferentes coberturas de inverno combinadas e semeadas nas densidades adequadas para esse sistema.

ABSTRACT

The zero-tillage system depends on the intensive use of herbicides. Winter cover crops may be used in strategies that seek to replace the use of toxic inputs and to make possible the use of that system in agroecological production. This work aimed to define the best proportion of *Secale cereale*, *Vicia sativa* and *Raphanus sativus* mixtures for the control of spontaneous plants and promotion of maize and bean yields, either in monocultures or as alley cropping, under zero tillage. The experiments were carried out in three Experimental Stations in Southern Brazil. Winter cover crop biomass, spontaneous plant biomass, and soil cover were measured during winter, whilst in summer resident vegetation biomass and cash crop yields were evaluated. In all areas, no significant differences were found among treatments. In Ituporanga, cover crop biomass and spontaneous vegetation suppression were higher than in the other locations. That difference may be due to a 40% higher rate of seed applied. In all experiments there was not production of viable bean grains, since plant development was impaired by competition from spontaneous plants and by excessive rainfall. Maize yields in Campos Novos and Chapecó were low due to competition by the resident vegetation. In Ituporanga there was satisfactory maize yield, either in monoculture (6.7 t.ha⁻¹) or in alley cropping (5.3 t.ha⁻¹), and such yields were higher than the average in the region. In alley cropping, there were statistical differences among treatments, with the highest yields in the mixture with rye predominance or in the mixture with equal plant densities. Based on the values of harvested maize grains and in cover crop seed costs, the feasibility of zero-tillage without the use of herbicides was demonstrated.

1. Introdução

O sistema de plantio direto (PD) consiste na mobilização do solo apenas na linha de semeadura, mantendo o restante da área de cultivo protegida por uma cobertura de matéria vegetal verde ou seca. A presença constante de cobertura e o cultivo sem a interferência de subsolagens, arações e gradeações possibilitam grande eficiência em termos de conservação do solo, energia e organismos edáficos. No sistema vigente de PD é comum a utilização de uma grande quantidade de herbicidas para dessecar a vegetação (plantas de cobertura ou espontâneas) e depois semear a cultura sob a palhada, e também para controlar as plantas espontâneas durante o desenvolvimento da cultura comercial. No entanto, existem experiências de plantio direto sem o uso desses insumos tóxicos baseadas na adoção de diferentes práticas de manejo de plantas de cobertura do solo e de plantas espontâneas.

No sistema convencional, realiza-se preparo do solo revolvendo as camadas superficiais para controlar plantas espontâneas, incorporar corretivos e fertilizantes (BRAUNAK; DEXTER, 1989). No entanto, tal prática tem acarretado sérios problemas com o passar dos anos (GABRIEL FILHO et al., 2000), e a intensa mobilização dos solos tropicais ocasiona sua desagregação superficial, formando uma fina crosta resultante da dispersão das partículas do solo, e ainda outra camada subsuperficial compactada, resultante tanto da pressão exercida pelo peso e trabalho dos implementos agrícolas como pela ação direta dos pneus (CASTRO et al., 1987). O uso de um conjunto de práticas agrícolas, como o sistema plantio direto com o uso de coberturas vegetais apropriadas, possibilitam menor degradação do solo (KAISER et al., 1995). Nas regiões tropicais, sistemas de preparo com mínima perturbação do solo e que propiciam a manutenção de resíduos na superfície são necessários para o controle da erosão e para a redução da degradação do solo (LAL, 2000).

Uma das alternativas mais recomendadas para a recuperação de solos degradados consiste na introdução de plantas de cobertura e adubação verde para proteção do solo da ação

erosiva das chuvas e aporte de nitrogênio às culturas em sucessão (BEUTLER et al., 1997) e o aumento dos teores de matéria orgânica (MO) do solo. Os sistemas em que gramíneas e leguminosas são utilizadas como parte de uma rotação de culturas de alta diversidade, e também como fonte de alimento para o gado, com o aproveitamento do esterco gerado por esses animais, promovem o aumento da fertilidade dos solos e representam uma alternativa viável aos métodos agrícolas de alta intensidade baseados no uso de agrotóxicos e fertilizantes sintéticos (TILMAN, 1998). Práticas de manejo e conservação, como o emprego de plantas de cobertura, são importantes para a manutenção ou melhoria das características químicas, físicas e biológicas dos solos. A adubação verde consiste no emprego de espécies de diferentes famílias botânicas, nativas ou introduzidas, que cobrem o terreno em períodos de tempo ou durante todo ano. Destacam-se as espécies pertencentes à família das leguminosas, por formarem associações simbióticas com bactérias fixadoras de N, o que resulta no aporte de quantidades expressivas desse nutriente ao solo (PERIN et al., 2004).

O PD apresentou forte expansão na região Sul do Brasil, tendo na aveia preta a principal cultura de cobertura no outono/inverno, antecedendo as culturas comerciais no verão. Entretanto, há um interesse crescente, principalmente por parte dos produtores de milho, em incluir no sistema de produção outras espécies, como a ervilhaca e o nabo forrageiro, com vistas em diminuir o uso de fertilizantes nitrogenados minerais na cultura. A capacidade dessas espécies em ciclar o N disponível do solo e/ou, de fixar o N atmosférico, a elevada demanda em N do milho e o alto custo dos fertilizantes nitrogenados contribuem para a inclusão dessas espécies em rotação com o milho (GIACOMINI et al., 2004).

A adição regular de resíduos de adubos verdes aos diversos agroecossistemas dos trópicos contribui com a conservação do solo e da água, promovendo principalmente a melhoria da estrutura que favorece a aeração e a infiltração de água no solo, permitindo uma maior penetração das raízes (LAL, 1986).

O emprego efetivo do sistema de plantio direto, em função de suas prerrogativas básicas, mostra-se muito importante e eficiente para as regiões tropicais e subtropicais (FANCELLI; FAVARIN, 1989).

Apesar de todas as vantagens do sistema de plantio direto, relacionadas principalmente a conservação do solo, a utilização de herbicidas tem acarretado um enorme impacto ambiental. Diversas pesquisas tem demonstrado a necessidade de uma redução drástica na utilização de controle químico no controle integrado de plantas espontâneas, seja em razão dos custos não compensados pelo ganho em desempenho da cultura principal quanto pela preocupação em relação aos possíveis impactos dos compostos utilizados na composição dos herbicidas sobre os recursos naturais e organismos expostos de forma direta ou indireta (DOYLE, 1997). Uma alternativa aos herbicidas são as plantas de cobertura do solo que apresentam crescimento inicial rápido e grande produção de biomassa, com capacidade de sombreamento das plantas espontâneas; para substituição dos herbicidas durante o ciclo da cultura utiliza-se a roçada, aliada a outras práticas culturais de manejo (DAROLT; SKORA NETO, 2002). A palha mantida sobre o solo no sistema de plantio direto de culturas agrícolas pode afetar a emergência das plantas espontâneas por três processos distintos: o físico, o biológico e o químico, com possíveis interações entre eles (PITELLI; DURIGAN, 2001).

A cobertura morta mantida na superfície funciona como elemento isolante, reduzindo a amplitude térmica e hídrica no solo. O processo de germinação das plantas espontâneas estando intimamente ligado a esses fatores, reduz-se substancialmente no solo com grande quantidade de cobertura morta, que ao se decompor em superfície libera gradativamente uma série de compostos orgânicos denominados aleloquímicos, os quais interferem diretamente na germinação e emergência das plantas espontâneas (ADEGAS, 1997).

Culturas de cobertura de inverno podem auxiliar no controle de espontâneas, reduzindo a população ou o potencial de competição por água, luz, nutrientes e solo destas

com o cultivo (KOHLI et al., 2006; LANA, 2007; KIELING, 2007; BITENCOURT, 2008). Uma planta de cobertura deve satisfazer certas exigências, como se estabelecer facilmente, ter rápida taxa de crescimento bem como fornecer cobertura ao solo rapidamente, produzir quantidade suficiente de massa seca para manutenção de resíduos, ser resistente a doenças e não atuar como hospedeira de doenças da cultura econômica, ser fácil de controlar e ser economicamente viável (REEVES, 1994). O uso dessas plantas traz diversos benefícios físicos, químicos e biológicos para o solo e conseqüentemente para as culturas cultivadas em sucessão.

A utilização de espécies e combinações de plantas de cobertura adequadas também faz com que o sistema de plantio direto estabeleça uma vantagem econômica nos custos de produção, em comparação aos cultivos convencionais, pela economia de fertilizantes químicos e energia gasta com revolvimento e menor desgaste dos recursos naturais do solo (BITTENCOURT, 2008).

O PD sem o uso de herbicidas representa um importante avanço no campo da agroecologia, tendo em vista os benefícios ambientais e sócio-econômicos que esse sistema de cultivo pode proporcionar. O estudo de diferentes tipos de culturas de cobertura, para diferentes regiões e diferentes finalidades, é um dos pilares do sistema de plantio direto sem o uso de herbicidas.

É conhecido que a opção dos agricultores por iniciar processos de transição agroecológica tem razões de natureza sócio-econômica e ambiental, e ampliam as oportunidades de melhora da qualidade de vida das famílias envolvidas, bem como, de preservação dos recursos naturais (SCHENKEL et al., 2007). Steinmaus et al. (2008) pesquisando diferentes sistemas de cultivos em vinhedos, por quatro anos consecutivos, observou maior lucratividade (800 €/ha) nos sistemas com plantas de cobertura em relação aos sistemas convencionais e com herbicidas.

Lana (2007) e Bittencourt (2008) analisaram combinações de culturas de cobertura quanto à supressão de comunidades de plantas espontâneas e rendimento de feijão em PD. Entre as diversas combinações avaliadas, a combinação de três espécies (centeio, nabo forrageiro e ervilhaca) proporcionou os maiores índices de cobertura do solo, maior velocidade de cobertura, além da mais alta produção de biomassa e figurou entre os maiores rendimentos da cultura do feijão. Assim, buscou-se definir a melhor proporção de cada espécie de cultura de cobertura em um sistema de melhoramento do solo baseado no plantio de centeio, ervilhaca e nabo para o controle de plantas espontâneas e a promoção do rendimento de cultivos subseqüentes em monocultivo e em policultivo.

O presente trabalho de pesquisa faz parte de um projeto maior, com o objetivo de contribuir para o desenvolvimento da Agroecologia e para a promoção de agroecossistemas ecologicamente mais equilibrados no sul do Brasil, a partir de parceria firmada com o Consórcio Brasil-EUA em Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, entre a UFSC e a Universidade da Califórnia – Berkeley, sob coordenação dos professores Paulo Emílio Lovato e Miguel Altieri, com participação do professor Jucinei José Comin. Também foi realizada parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina / EPAGRI, que forneceu recursos para a instalação e execução dos experimentos de pesquisa.

As informações obtidas com o desenvolvimento do trabalho relatado visam subsidiar a inserção de agricultores em um processo de ganho de autonomia, reduzindo significativamente ou eliminando a dependência por insumos provenientes da indústria agroquímica, e minimizando os riscos de contaminações por agrotóxicos. As referidas mudanças são importantes passos no processo de transição para a agroecologia.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. Plantio Direto

O Plantio Direto (PD) pode ser definido como a técnica de colocação da semente em sulco ou cova em solo revolvido apenas com largura e profundidade suficientes para obter uma adequada cobertura e um adequado contato da semente com o solo. Desse modo, esse sistema elimina as operações de aração, gradagens, escarificações e outros métodos convencionais de preparo do solo (MUZILLI, 1981). A redução do tráfego de máquinas e do revolvimento do solo, associado ao uso de plantas de cobertura, pode preservar e até mesmo recuperar a estrutura do solo, aumentando a produtividade do sistema (BRAGAGNOLO; MIELNICZUK, 1990).

Dentre as inúmeras vantagens proporcionadas pelo PD, tem-se: maior controle da erosão; maior conservação da matéria orgânica do solo e de sua estrutura; melhor manutenção da umidade do solo; melhor germinação das sementes; melhor desenvolvimento de plantas; redução do trabalho e menor custo de produção (SCHULTZ, 1978; BITTENCOURT, 2008). O sucesso do plantio direto depende, em grande parte, da manutenção de sistemas capazes de gerar quantidades de matéria seca suficientes para manter o solo coberto durante o ano todo (CERETTA et al., 2002).

O que se espera do PD, quando o solo permanece coberto permanentemente, é que haja alta concentração de material orgânico na camada superficial, promovendo intensa atividade biológica, resultando em produtos que desempenham função na formação e estabilização, como agentes cimentantes, dos agregados. Os efeitos benéficos sobre essa agregação são resultado da atividade conjunta dos microrganismos, da fauna e da vegetação, resultando em maior porosidade e menor densidade do solo (SILVEIRA; STONE, 2003). O PD também pode influir na dinâmica populacional de pragas e de inimigos naturais. Segundo

Bianco (1984) no Brasil sistemas de plantio direto causaram redução na infestação de várias pragas nas culturas de trigo, algodão e feijão.

No entanto, o sistema de plantio direto ainda encontra-se dependente do uso de herbicidas, ocasionando inúmeros prejuízos ambientais. O PD apresenta muitas vantagens em termos de conservação do solo em relação ao sistema de cultivo convencional, mas para que seja possível uma efetiva transição para o modelo agroecológico é imprescindível que sejam utilizadas alternativas ao uso desses herbicidas.

2.2. Plantas de cobertura do solo

Nos ecossistemas naturais existe uma integração entre a cobertura vegetal e os atributos físicos, químicos e biológicos do solo, decorrente de processos de ciclagem de nutrientes, acumulação e decomposição da matéria orgânica. No entanto, as atividades agrícolas promovem alterações nesses atributos e ocasionam, muitas vezes, impactos ambientais negativos. O grau de impacto está relacionado com o manejo do sistema produtivo, e as práticas agrícolas, como o sistema plantio direto e uso de coberturas vegetais apropriadas para a região, propiciam menor degradação do solo e maior sustentabilidade na agricultura (KAISER et al., 1995).

Revolvendo-se o solo, altera-se a agregação, principalmente das argilas, que retém a maior parte dos nutrientes necessários às plantas, facilitando o seu arraste pela ação da chuva e do vento, causando erosão (WÜRSCHÉ; DENARDIN, 1980). Outro problema proveniente do uso de arados e grades é a compactação do solo nas camadas subsuperficiais (conhecida como pé-de-arado ou pé-de-grade). Essas camadas compactadas contribuem para o aumento da erosão, pois dificultam a infiltração da água da chuva, saturando rapidamente o solo, e com isso aumentando o escoamento superficial da água que arrasta consigo as partículas do solo

(CAMARGO, 1983). Por ação dos agentes climáticos, tais como chuvas e ventos, o solo pode perder parte de seus nutrientes por erosão, devido a manejo inadequado, por exemplo, quando não está protegido por cobertura vegetal (DERPSCH, 1985).

Em sistemas conservacionistas de manejo de solo, o uso de plantas de cobertura em rotação com os cultivos comerciais apresenta-se como uma prática básica, pois protege a superfície contra os agentes erosivos (SCHICK et al., 2000). Sua utilização altera as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, principalmente o teor da matéria orgânica, a atividade e população microbiana e a estabilidade estrutural (CAMPOS et al., 1995). A produção de fitomassa das espécies utilizadas como plantas de cobertura do solo é decorrente das condições climáticas, edáficas e fitossanitárias (AMADO et al., 2002) e também dos aspectos relacionados ao seu sistema radicular.

A prática de rotação de culturas é importante no controle de pragas, doenças e plantas espontâneas, e também como forma de manejo da fertilidade do solo, pela capacidade de reciclar os nutrientes minerais da camada arável ou que tenham percolado para horizontes abaixo dela (BORKERT et al., 2003). A utilização de leguminosas, por exemplo, promove a disponibilização de N por meio de diversos mecanismos, tais como a fixação de N_2 atmosférico pela simbiose com bactérias diazotróficas e a recuperação do N lixiviado para camadas mais profundas do solo (COSTA, 1993). A simbiose leguminosa-bactéria permite transformar o N_2 atmosférico em NH_3 que pode ser aproveitado pela planta como ácido glutâmico. Se as condições ambientais apresentam-se favoráveis e a estirpe do rizóbio é eficiente, a planta não precisa ser adubada com fórmulas nitrogenadas (CASTRO et al., 1993).

O solo é um sistema complexo e dinâmico, e as transformações microbianas, por conta das diferentes populações que nele ocorrem, assim como suas diferentes reações químicas podem ser alteradas sempre que esse ecossistema sofre algum tipo de interferência (CASTRO et al., 1993). Diferentes tipos de manejo podem significar diferentes disponibilidades de

substrato, que em última instância vão determinar, favorecendo ou inibindo, o estabelecimento dos diferentes grupos microbianos (CARDOSO et al., 1992). O conhecimento desses processos é de fundamental importância para que as plantas de cobertura possam ser eficientemente introduzidas e utilizadas no sistema de produção de milho, e outras culturas, de forma que se compatibilize a máxima persistência dos resíduos culturais na superfície do solo com o adequado fornecimento de N à cultura comercial (AITA; GIACOMINI, 2003). A combinação adequada de cultivos com a criação de animais em um sistema que resulte em um ciclo de nitrogênio sustentável, localmente fechado, pode ser vantajosa para os sistemas agrícolas (TILMAN, 1998).

Por meio do consórcio entre plantas de cobertura, é possível controlar a velocidade de decomposição e liberação de N dos resíduos culturais, visto que a fitomassa obtida apresenta uma relação C/N intermediária àquela das culturas solteiras (GIACOMINI, 2001). O cultivo de leguminosas antecedendo a cultura do milho aumenta a disponibilidade de N no solo, a absorção de N pela planta e também o rendimento de grãos, sendo o sistema de manejo da leguminosa importante para o melhor aproveitamento de seu potencial (OHLAND et al., 2005). Entre as diversas vantagens da utilização de sistemas apropriados de rotação e de sucessão de culturas, destacam-se a estabilidade do rendimento de grãos, a quebra de ciclo de pragas e moléstias, a diminuição da infestação de plantas espontâneas, a alternância na forma de extração de nutrientes com uso de espécies com diferentes sistemas radiculares e a melhoria das condições físicas do solo (REGO, 1994).

Outro aspecto relevante acerca da cobertura vegetal é o incremento da ciclagem de nutrientes, o que reduz a lixiviação, pois os elementos absorvidos são incorporados à fitomassa e retornam ao solo com a decomposição das plantas. Além disso, a cobertura vegetal aumenta a quantidade de matéria orgânica do solo e diminui a lixiviação de nitratos em relação ao terreno descoberto e arado (GIOVANNINI et al., 2003).

2.2.1. Uso de plantas de cobertura no controle de plantas espontâneas

No manejo das plantas espontâneas, usualmente são realizadas aplicações de herbicidas, o que constitui o controle químico convencional, cuja principal vantagem é a economia de mão-de-obra. No entanto, esta opção de manejo das plantas espontâneas tem provocado contaminação ambiental, intoxicação de agricultores e inclusive selecionado espontâneas resistentes a determinados tipos de herbicidas (KIELING, 2007).

As plantas de cobertura do solo comumente têm sido utilizadas para conservação do solo e suprimento de N, por meio de leguminosas. No entanto, com a evolução e disseminação dos princípios agroecológicos, essas plantas também têm despertado interesse no manejo de plantas espontâneas (ROWE, 1997). Em tal manejo, o princípio da prevenção deve ser privilegiado, recomendando-se o uso de práticas que evitem a ressemeadura de plantas espontâneas, a manutenção de uma boa quantidade de palha, o uso de plantas com efeitos alelopáticos, a semeadura antecipada para aumentar a concorrência com as espontâneas e o uso de máquinas que permitam um bom corte da palha, com pouco revolvimento de solo na linha e deposição da semente em contato com o solo (SKORA NETO, 1998). O conhecimento dos fatores relacionados à competitividade e complementaridade de ciclos é de fundamental importância na escolha das culturas de cobertura mais adequadas para cada situação.

Segundo Buhler et al. (1997), a rotação de culturas propicia diferentes modelos de competição, interferindo na dinâmica do banco de sementes de uma determinada área e reduzindo a pressão de seleção para plantas espontâneas específicas. Resíduos de diversas plantas de cobertura deixados na superfície do solo proporcionam um controle seletivo da germinação e crescimento das plantas espontâneas (MOYER et al., 1994). Segundo Monegat (1991), de maneira geral, as plantas de cobertura realizam o controle de plantas espontâneas, através dos seguintes processos:

a) Abafamento: o controle é influenciado pela agressividade inicial, volume de massa verde e seca, tipo de porte (ereto ou prostrado), distribuição dos resíduos sobre o terreno e velocidade de decomposição;

b) Quebra de dormência: dependendo do tipo de semente, é influenciada por diversos fatores como umidade, temperatura, etc;

c) Alelopatia: inibição química do desenvolvimento de uma planta sensível a compostos orgânicos liberados no meio por outra planta;

O uso de cobertura verde e de restos vegetais visando o controle de plantas espontâneas é um exemplo do aproveitamento da alelopatia na supressão das plantas espontâneas, além dos importantes efeitos na conservação do solo e na manutenção de sua umidade (MEDEIROS, 1990). Diversas plantas exercem inibição específica sobre outras espécies, espontâneas ou cultivadas, tanto em crescimento vegetativo quanto em processo de decomposição (OVERLAND, 1966). A utilização no inverno de consórcio de espécies para cobertura do solo permite alta produção de palha para proteção do solo no verão, reduzindo a infestação de plantas espontâneas nos cultivos semeados em sucessão (BALBINOT JR. et al., 2008). No entanto, segundo Teasdale e Mohler (2000), quando os resíduos de plantas de cobertura são acamados sobre a superfície do solo, os resultados em termos de supressão de plantas espontâneas são devidos mais aos efeitos físicos desta palhada que aos efeitos aleloquímicos ou pela indisponibilidade de nutrientes. Com a escolha e o manejo adequado de plantas de cobertura do solo, por meio da manutenção dos resíduos de cultivo e das plantas de cobertura, é possível reduzir as aplicações de herbicidas, e até eliminar a sua necessidade de uso no sistema de produção (KIELING, 2007). Diversas espécies podem ser utilizadas como cultura de cobertura do solo. Ao escolher uma planta de cobertura são consideradas características como ciclo de desenvolvimento e competitividade com outras espécies,

rusticidade, velocidade de crescimento, produção de fitomassa, etc. Na região sul do Brasil, o centeio, a ervilhaca e o nabo forrageiro estão entre as culturas de cobertura mais utilizadas.

2.2.1.1. Centeio (*Secale cereale*)

O centeio é uma planta com 1,2 a 1,8m de altura, com colmos cilíndricos e eretos, apresentando densa espiga com 5 a 20cm de comprimento. É uma gramínea anual rústica que se desenvolve mesmo em condições adversas de clima e solo, empregada como adubo verde e para a alimentação animal (COSTA, 1993). Possui excelente capacidade de absorção de nutrientes, maior que outros cereais, sendo capaz de aproveitar elementos menos solúveis e apresenta alta resistência à seca (LEAL, 1970, apud MONEGAT, 1991). É também um cereal bastante utilizado na alimentação humana.

2.2.1.2. Ervilhaca (*Vicia sativa*)

A ervilhaca (*Vicia sativa*) é uma planta herbácea de raízes profundas e ramificadas, talos finos e flexíveis, com até 1m de comprimento. Tem flores cor violeta-purpúrea ou raramente brancas; vagens quase cilíndricas, com 2,5 a 7cm de comprimento e 5 a 8mm de largura, marrons, com 4 a 12 sementes (COSTA, 1993). É uma planta anual de clima temperado e subtropical, com pouca resistência às secas prolongadas e ao calor excessivo, adaptada a invernos rigorosos. Proporciona boa cobertura de solo, melhorando suas características físicas, químicas e biológicas. É também utilizada tradicionalmente nos estados sulistas como planta forrageira. Desenvolve-se bem em solos argilosos e arenosos, profundos e não compactados, não suportando excesso de umidade. Não apresenta bom desenvolvimento em solos ácidos ou com baixos níveis de fertilidade (COSTA, 1993). Entre as leguminosas as ervilhacas são consideradas de grande importância, em função do seu uso múltiplo, como plantas de cobertura do solo e na alimentação animal (MONEGAT, 1991). A adubação verde com leguminosas pode trazer vantagens expressivas, tais como fornecimento de N no

momento de maior exigência da cultura econômica, controle de plantas espontâneas e melhor aproveitamento de nutrientes, deslocados de horizontes mais profundos (HODTKE et al., 1999).

2.2.1.3. Nabo forrageiro (*Raphanus sativus*)

O nabo forrageiro é uma planta herbácea, ereta, ramificada e com raiz pivotante profunda, às vezes tuberosa, medindo 1 a 1,8m de altura. É uma planta alógama de longo período de floração (mais de um mês), o que a torna interessante à criação de abelhas (COSTA, 1993). Também é utilizado na medicina popular, pois suas raízes e folhas contêm ácido sulfocianico e a parte aérea é utilizada como estimulante das funções gástricas (CORREA, 1926, apud MONEGAT, 1991). Crucífera anual, sendo uma das mais antigas espécies produtoras de óleo, cultivada principalmente na Ásia Oriental e Europa. O nabo forrageiro também é cultivado como forragem em algumas regiões, é bastante precoce, sendo mais rústico que mostarda, colza e outras crucíferas. Também tem demonstrado excelente capacidade de reciclagem de nutrientes, principalmente Nitrogênio e Fósforo, caracterizando-se assim como uma planta indicada em sistemas de rotação de culturas. Apresenta crescimento inicial rápido e se desenvolve razoavelmente mesmo em solos com problemas de acidez (COSTA, 1993).

O nabo se assemelha à aveia quanto à habilidade na absorção de N mineral do solo e produção de fitomassa (DERPSCH et al., 1985), embora apresente maior taxa de decomposição e liberação de nutrientes dos resíduos culturais após ser manejado (HEINZMANN, 1985). O Potássio e o Nitrogênio são os nutrientes disponibilizados em maior quantidade e velocidade para a cultura subsequente (CRUSCIOL et al., 2005). O nabo forrageiro é utilizado nas regiões Sul e Centro-Oeste do Brasil e no Estado de São Paulo, como material para adubação verde de inverno e como planta de cobertura em sistemas de cultivo conservacionistas como o plantio direto e o cultivo mínimo (CRUSCIOL et al., 2005).

No Estado de Santa Catarina vem sendo cultivado há vários anos por agricultores do vale do Itajaí, havendo resistência ao seu cultivo em outras regiões, por confundi-lo com *Raphanus raphanistrum* (nabiça), uma planta espontânea bastante indesejável (MONEGAT, 1991).

2.3. Transição agroecológica

A agroecologia apresenta-se como uma proposta nova e dinâmica, fornecendo princípios ecológicos para o tratamento de ecossistemas, tanto no que se refere à produtividade agrícola com inclusão social e promoção da cidadania, quanto à preservação dos recursos naturais (ROCHA; SIMAN, 2007). Os sistemas agroecológicos procuram maximizar a reciclagem de nutrientes e energia, como forma de minimizar a perda destes recursos durante os processos produtivos (AQUINO; ASSIS, 2007).

De acordo com Veiga (2005) está ocorrendo um processo de legitimação das práticas sustentáveis e um lento declínio do padrão da “revolução verde”, em que a dinâmica social determinará o ritmo dessas mudanças. Segundo Gliessman (2001), a agricultura do futuro deverá ser não somente sustentável, mas também altamente produtiva ao ponto de proporcionar os alimentos requeridos por uma população que segue aumentando. A transição agroecológica refere-se a um processo gradual de mudança, através do tempo, nas formas de manejo dos agroecossistemas, objetivando a passagem de um modelo agroquímico de produção à estilos de agricultura que incorporem princípios, métodos e tecnologias com base ecológica. No entanto, por se tratar de um processo social, a transição agroecológica implica não somente numa maior racionalização econômico-produtiva com base nas especificidades biofísicas de cada agroecossistema, mas também numa mudança nas atitudes e valores dos atores sociais em relação ao manejo e conservação dos recursos naturais, não dispensando o progresso técnico e o avanço do conhecimento científico (COSTABEBER, 1998).

3. Objetivos

3.1. Geral:

Definir a melhor proporção de centeio, ervilhaca e nabo em PD para o controle de plantas espontâneas e promoção do rendimento de milho e feijão em mono e em policultivo.

3.2. Específicos:

Avaliar o efeito das diferentes proporções de plantas de cobertura de inverno sobre o percentual de cobertura do solo por plantas espontâneas e de cobertura/palhada;

Avaliar o efeito das diferentes proporções de plantas de cobertura de inverno sobre a fitomassa de plantas espontâneas e o rendimento das culturas comerciais;

Avaliar a viabilidade de culturas de cobertura de inverno em sistema de PD sem o uso de herbicidas em diferentes regiões do Estado de Santa Catarina.

4. Material e Métodos

Locais de estudo

Os experimentos foram conduzidos nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.

Campos Novos localiza-se no Meio Oeste Catarinense (930 metros de altitude, latitude 27°23'22" S e longitude 51°13'17" W). O clima predominante na região é enquadrado na classificação de Köppen como Cfa (mesotérmico úmido com predominância de verões quentes), com a caracterização Cfb (temperado constantemente úmido, sem estação seca definida e com verão fresco) em algumas regiões mais altas. A precipitação anual é de 2270mm. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico.

O Centro de Pesquisa para a Agricultura Familiar (Cepaf), localiza-se no município de Chapecó, na região Oeste do Estado (639 metros de altitude, latitude 27°05'17" S e longitude: 52°38'26" W). O clima predominante na região é do tipo Cfa de Köppen (mesotérmico úmido com predominância de verões quentes). A precipitação anual é de 2.188mm. O solo da área é um Latossolo Vermelho distroférico.

Ituporanga pertence à região do Alto Vale do Itajaí (475 metros de altitude, latitude 27°25'07" S e longitude 49°38'46" W). O clima é caracterizado segundo Köppen como Cfa (mesotérmico úmido, sem estação seca definida e com verões quentes). A precipitação anual é de 1.771mm. O solo da área é um Cambissolo Háplico.

A distribuição da precipitação média mensal, bem como as médias mensais das temperaturas mínimas e máximas nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga constam nos Anexos 11, 12 e 13.

Descrição dos experimentos

Em Chapecó e Campos Novos a área total utilizada para cada experimento foi de 3456m² (Anexos 6 e 8), e em Ituporanga de 1440m² (Anexo 7). Nas Estações Experimentais de Campos Novos e Ituporanga utilizou-se um delineamento experimental em quadrado latino de 4x4. Em Chapecó, em razão das características da área disponível para a instalação do experimento não foi possível adotar o mesmo delineamento experimental, por isso adotou-se blocos ao acaso, com quatro repetições.

Nos meses de maio e junho de 2007, inverno anterior ao plantio de verão, as culturas de cobertura foram semeadas a lanço, constituindo-se os tratamentos com as densidades de sementes recomendadas por Monegat (1991) com acréscimo de 50%:

I. $\frac{1}{3}$ centeio [40 Kg/ha] + $\frac{1}{3}$ ervilhaca [25 Kg/ha] + $\frac{1}{3}$ nabo [15 Kg/ha];

Ce. $\frac{1}{2}$ centeio [60 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ ervilhaca [20 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ nabo [10 Kg/ha];

Er. $\frac{1}{2}$ ervilhaca [40 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ centeio [30 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ nabo [10 Kg/ha];

NF. $\frac{1}{2}$ nabo [20 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ centeio [30 Kg/ha] + $\frac{1}{4}$ ervilhaca [20 Kg/ha].

A diferença de área do experimento de Ituporanga para os demais foi decorrente da falta de área disponível. Assim, as dimensões do experimento foram adequadas à área disponível (1440m²), mas utilizou-se a mesma quantidade de sementes calculada para a área estipulada inicialmente (3456m²), o que representou um acréscimo de 140% em relação à densidade de sementes utilizada nos outros experimentos. Assim, foram constituídos os seguintes tratamentos:

II. centeio [96 Kg/ha] + ervilhaca [60 Kg/ha] + nabo [36 Kg/ha];

ICe. centeio [144 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha];

IEr. ervilhaca [96 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha];

INF. nabo [48 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha].

Não foram realizadas adubações, irrigação ou qualquer trato cultural durante o ciclo de desenvolvimento das culturas de cobertura de inverno. As plantas de cobertura foram acamadas utilizando-se um rolo faca.

As culturas comerciais – milho e feijão em mono e policultivo (Anexo 9), foram semeadas nas Estações Experimentais de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga, respectivamente, nos dias 17, 19 e 22 de outubro de 2007.

As sementes de milho utilizadas nos experimentos foram da cultivar SCS 154 (Fortuna), desenvolvida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (Epagri). A semeadura foi realizada com semeadora manual (saraquá), nos espaçamentos de 0,20m entre plantas e 0,90m entre linhas no sistema de monocultivo (densidade de 55 mil plantas ha⁻¹), e 0,20m entre plantas e 0,50m entre linhas no sistema de policultivo (densidade de 100 mil plantas ha⁻¹).

Foi utilizada a cultivar de feijão SCS - 202 (Guará), também desenvolvida e fornecida pela Epagri, e adaptadas às condições de cultivo das regiões em que os estudos foram realizados. A semeadura foi realizada com semeadora manual, com 12 plantas por metro linear em ambos os casos, nos espaçamentos de 0,45m entre linhas no sistema de monocultivo (265 mil plantas ha⁻¹), e 0,50m entre linhas no sistema de policultivo (240 mil plantas ha⁻¹).

Antes da semeadura, foi realizada adubação orgânica de cobertura (45 Kg N/ha) com cama de aves. Não foram realizadas operações de controle de plantas espontâneas, objetivando testar o potencial das plantas de cobertura de inverno.

Nos experimentos das Estações de Chapecó e Campos Novos as subparcelas destinadas aos monocultivos de milho e feijão tinham dimensões de 4,5x12m, totalizando por subparcela uma área útil de 27m² para o milho e 36m² para o feijão, após se desconsiderar as bordaduras. Cada subparcela destinada ao policultivo tinha a dimensão de 9x12m, totalizando uma área útil de 70m² (Anexo 10).

No experimento da Estação de Ituporanga, as subparcelas destinadas aos monocultivos tinham dimensões de 3,75x6m, totalizando uma área útil de 8,1m² por subparcela para ambas as culturas comerciais, enquanto cada subparcela destinada ao policultivo tinha a dimensão de 7,5x6m, totalizando uma área útil de 21m² após se desconsiderar as bordaduras.

No cálculo da área útil de colheita do milho em sistema de policultivo também foi considerada a área destinada às linhas de feijão, mesmo que este não tenha produzido grãos viáveis.

Variáveis avaliadas

Mensurou-se a fitomassa de plantas de cobertura de inverno e de plantas espontâneas durante o ciclo das plantas de cobertura (t/ha de matéria seca), a cobertura do solo pelas plantas de cobertura de inverno (%), o rendimento do milho em mono e policultivo (t/ha) e a fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo das culturas de verão (t/ha matéria seca).

A avaliação da cobertura do solo pelas culturas de cobertura de inverno foi realizada em uma transecta diagonal, com 20 observações por parcela, três vezes durante o ciclo das plantas de cobertura de inverno. Com o auxílio de uma trena, a cada 0,5m era realizada uma observação ortogonal e verificava-se a presença ou ausência de cobertura vegetal sobre aquele ponto.

A produção de fitomassa de plantas de cobertura de inverno e de plantas espontâneas foi avaliada por meio de coletas compostas de três subamostras por parcela, realizadas em três épocas antes da rolagem das culturas de cobertura de inverno. Cada amostra foi composta pela parte aérea de todas as plantas que se encontravam dentro do quadrado (0,5x0,5m) lançado aleatoriamente três vezes na parcela, conforme método utilizado por Lana (2007) e Steinmaus et al. (2008).

A produção de fitomassa de espontâneas de verão foi avaliada por meio de três amostragens após a semeadura das culturas comerciais. Cada amostra foi composta pela parte

aérea de todas as plantas espontâneas que se encontravam dentro do quadrado (0,5x0,5m) lançado três vezes aleatoriamente em cada subparcela. A fitomassa coletada foi submetida à secagem a 65°C em estufa com circulação de ar até peso constante.

Nos três experimentos não houve produção de grãos viáveis de feijão uma vez que o desenvolvimento foi prejudicado por fatores de competição com plantas espontâneas e de clima.

A colheita do milho foi realizada em abril de 2008, aos 167 dias após a semeadura nas Estações Experimentais de Campos Novos e Chapecó, e aos 169 dias em Ituporanga. Para a avaliação do rendimento do milho, foi realizada colheita manual em área total, desconsiderando as bordaduras. Os dados foram corrigidos para 15% de umidade e expressos em t/ha.

A avaliação da fertilidade do solo foi realizada através da coleta de amostras de solo com um trado holandês na profundidade 0-20cm, em número de cinco amostras simples para formar uma amostra composta por unidade experimental (parcela). As amostras foram encaminhadas para análise, no Laboratório de Análises de Solos da Epagri de Chapecó - SC, conforme as normas da Rede de Análises de Solo RS/SC (TEDESCO et al., 1995). Assim, o pH do solo foi determinado em solução de CaCl_2 0,01M, o Cálcio, Magnésio e Alumínio foram extraídos com solução de KCl 1N, a extração de Fósforo e Potássio foi feita pela solução de Mehlich-1 (HCl 0,05N + H_2SO_4 0,025N) e o Carbono orgânico foi determinado pelo método colorimétrico com oxidação pelo dicromato de potássio. Adicionalmente foram calculadas a capacidade de troca de cátions pH 7,0 (CTC), a saturação com Alumínio, saturação por bases e as relações Ca/Mg, Ca/K e Mg/K (Anexo 5).

Análise Estatística

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram separadas e comparadas através do teste DMS-Fischer, com probabilidade erro igual ou menor que 5%. As análises de variâncias foram feitas considerando-se o delineamento em quadrado latino nos experimentos de Campos Novos e Ituporanga, e o delineamento em blocos ao acaso no experimento de Chapecó. Os níveis de significância foram obtidos segundo a tabela de Fischer e Yates (LITTLE; HILLS, 1978).

5. Resultados e Discussão

5.1. Produção de fitomassa de plantas de cobertura de inverno e plantas espontâneas

5.1.1. Chapecó

Os tratamentos testados na Estação Experimental de Chapecó, nas três épocas de análise, foram estatisticamente iguais quanto a produção de fitomassa das plantas de cobertura. Na primeira coleta de fitomassa, aos 50 dias após a semeadura das plantas de cobertura de inverno, os tratamentos apresentavam uma produção de fitomassa de aproximadamente 0,5 t/ha (Figura 1). Aos 85 dias os valores de produção de fitomassa quadruplicaram, chegando a mais de 2 t/ha. Na terceira coleta, aos 119 dias, a produção de fitomassa triplicou em relação à coleta anterior, passando para 6,0 t/ha.

Devido à capacidade das leguminosas de fixarem nitrogênio atmosférico em associação com bactérias dos gêneros *Rhizobium* e *Bradyrhizobium*, essas plantas podem substituir os adubos minerais no fornecimento de N para várias culturas de interesse comercial (SMYTH *et al.*, 1991), podendo também favorecer o desenvolvimento das culturas de cobertura com ela consorciadas. Em estudo realizado por Kieling (2007), o trio de culturas de cobertura aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro produziu 5,9t de matéria seca por hectare, 2,6t de fitomassa de cobertura a mais, por hectare, que a leguminosa em cultivo solteiro.

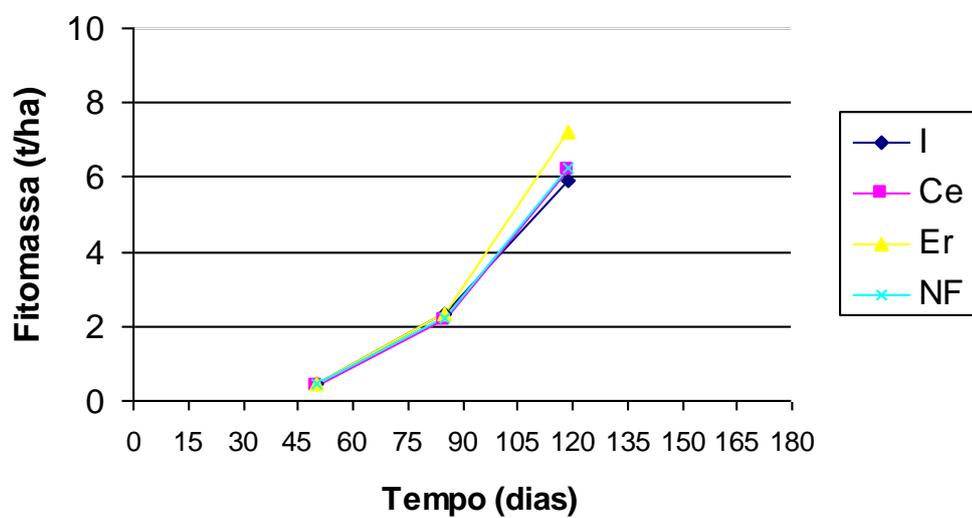


Figura 1. Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 50, 85 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.1.2. Campos Novos

No experimento de Campos Novos foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos na primeira data de avaliação (Anexo 1). Aos 54 dias após a semeadura das culturas de cobertura, a produção de fitomassa no tratamento com predomínio de nabo forrageiro (NF) foi de aproximadamente 0,8 t/ha, superior aos tratamentos com mistura de culturas de cobertura em partes iguais (I) e com predomínio de centeio (Ce), que produziram cerca de 0,6 t/ha (Tabela 1). Na segunda coleta, aos 92 dias, houve um acréscimo na produção de fitomassa de aproximadamente 3 t/ha, nos diferentes tratamentos, em relação à primeira coleta. O nabo forrageiro e principalmente o centeio foram os principais responsáveis por esse relevante aumento na produção de fitomassa. Segundo Derpsch & Calegari (1992) e Calegari (1998) o nabo forrageiro apresenta produtividade média de 3 t/ha de massa seca da parte aérea, e, mesmo em áreas sem adubação, esse valor pode oscilar entre 2 e 6 t/ha de massa seca no estágio de floração.

Durante o experimento houve um considerável desenvolvimento de plantas de azevém em virtude dessa espécie ter sido cultivada na área antes da instalação do experimento, o que contribuiu para o aumento da produção de fitomassa. Aos 119 dias, na terceira coleta, a produção de fitomassa nos tratamentos estudados foi de aproximadamente 8 t/ha, duas vezes maior que a produção verificada na coleta anterior. Estes resultados são explicados pelo fato de que embora as plantas de nabo já estivessem em um estágio de degradação avançado (visto que das plantas de cobertura de inverno utilizadas é a que tem o ciclo mais curto), a ervilhaca apresentava pleno desenvolvimento. Além disso, o centeio ainda estava vigoroso, mesmo sendo considerada uma planta de ciclo relativamente curto, com período de floração entre 100 e 120 dias segundo Calegari et al. (1993), demonstrando adaptação da espécie à região de Campos Novos. Em experimento similar realizado na estação experimental de Campos Novos, Bittencourt (2008) observou que o componente Centeio foi muito importante para

assegurar grande produção de fitomassa, tanto em monocultivo quanto em consorciação, garantindo que todas as combinações em que estivesse presente ficassem no primeiro grupo de produção.

O centeio apresenta uma alta relação C/N, o que possibilita que seus restos culturais formem uma palhada com boa persistência sobre o solo, proporcionando maior proteção contra fatores causadores de erosão, como o impacto das gotas de chuva por exemplo.

Tabela 1. Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 54, 92 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

Produção de Fitomassa (t/ha)			
Tratamentos	Épocas de Coleta		
	54 dias	92 dias	119 dias
I	0,59b	3,81a	7,88a
Ce	0,59b	3,57a	8,62a
Er	0,63ab	3,57a	8,23a
NF	0,76a	3,92a	8,51a

¹ Resultados com a mesma letra, em cada época, não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,05$);

5.1.3. Ituporanga

Na Estação Experimental de Ituporanga as coletas foram realizadas aos 56, 82 e 110 dias após a semeadura das plantas de cobertura de inverno. Não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados nas três épocas de coleta. Na primeira coleta a produção de fitomassa variou de 3,4 a 4,9 t/ha nos diferentes tratamentos (Figura 2). A grande quantidade de fitomassa produzida em Ituporanga logo na primeira época de coleta foi consideravelmente maior que nos experimentos de Chapecó e Campos Novos, pois se utilizou mais que o dobro da quantidade sementes recomendada para os tratamentos estudados nos referidos experimentos. Na segunda coleta, aos 82 dias, a produção de fitomassa nos diferentes tratamentos foi de aproximadamente 5,5 t/ha. Na terceira coleta de fitomassa, aos 110 dias, a produção obtida nos diferentes tratamentos ficou entre 8 e 9 t/ha, com predominância marcante de ervilhaca sobre as outras culturas de cobertura.

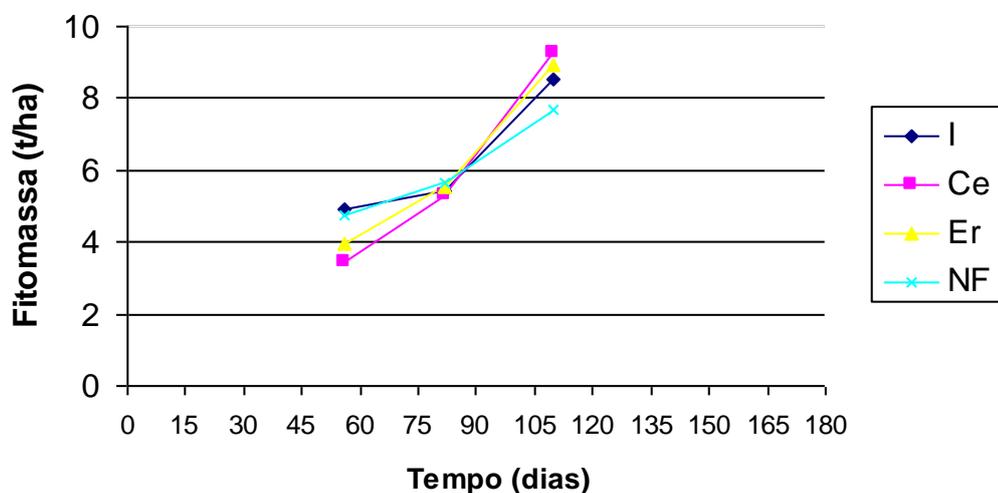


Figura 2. Fitomassa de plantas de cobertura do solo + plantas espontâneas, aos 56, 82 e 110 dias após a semeadura das culturas de cobertura, em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF).

5.2. Cobertura do solo durante o ciclo das culturas de inverno

5.2.1. Chapecó

No experimento de Chapecó, as observações foram realizadas aos 50, 85 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura de inverno. Nas três épocas analisadas não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados, verificando-se apenas uma tendência de diferença nas duas primeiras datas de avaliação (Anexo 2). Aos 50 dias após a semeadura das culturas de cobertura, os diferentes tratamentos proporcionaram aproximadamente 55% de cobertura do solo, enquanto que aos 85 dias a cobertura do solo representou 75% (Figura 3). Na última coleta todos os tratamentos obtiveram um percentual de cobertura do solo superior a 80%, sendo que nesse período a ervilhaca foi a principal responsável pela cobertura mesmo nos tratamentos com predominância de Centeio (Ce) e Nabo forrageiro (NF). O Centeio e o Nabo são espécies de ciclo mais curto, o que contribuiu para o melhor desenvolvimento da ervilhaca no referido período. Bittencourt (2008), trabalhando com diversas culturas de cobertura de inverno, verificou que no tratamento composto por Centeio + Ervilhaca + Nabo, o crescimento da ervilhaca sobre a estrutura deixada pelo Nabo fez com que a perda de cobertura ocasionada pela degradação do Centeio fosse compensada, pois as espécies iniciaram e terminaram seus ciclos em momentos diferentes, não ocorrendo competição nos estágios de maior desenvolvimento das referidas culturas. Segundo esse mesmo autor, a ervilhaca desempenhou um papel importante na cobertura do solo, mantendo e, por vezes, melhorando a porcentagem de cobertura do solo, nos tratamentos que continham espécies de ciclo mais curto, como Centeio, Aveia e Nabo, nos tratamentos Centeio + Ervilhaca, Aveia + Ervilhaca e Aveia + Ervilhaca + Nabo.

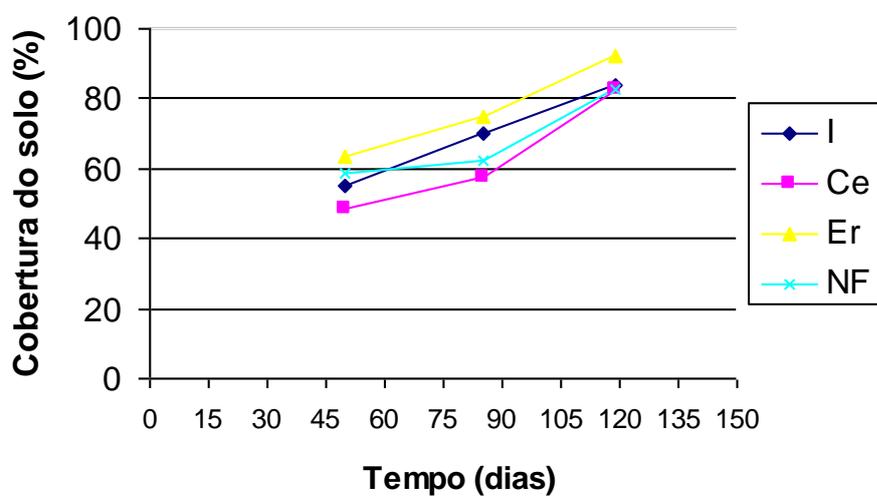


Figura 3. Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 50, 85 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.2.2. Campos Novos

Em Campos Novos, os tratamentos apresentaram desde a primeira observação percentuais de cobertura do solo superiores a 75% (Figura 4), e nas três épocas de avaliação os tratamentos foram estatisticamente iguais. Aos 54 dias o Nabo e o Centeio estavam se desenvolvendo intensamente, sendo determinantes para a cobertura do solo mesmo no tratamento com predomínio de ervilhaca (Er), cujo desenvolvimento ainda era pouco expressivo em comparação com as outras culturas de cobertura citadas, pois é considerada uma espécie de ciclo mais longo. O Nabo forrageiro e o Centeio atingem a plena floração entre 70-80 e 100-120 dias respectivamente, enquanto são necessários 120 a 170 dias para a ervilhaca (CALEGARI *et al.*, 1993).

O tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I) apresentou um pequeno acréscimo na cobertura do solo do primeiro para o segundo período de coleta. Já os tratamentos com predominância de centeio (Ce) e de nabo (NF) não apresentaram variações no percentual de cobertura durante as duas primeiras observações. O ciclo curto e principalmente a arquitetura mais ereta do centeio contribuíram para que a eficiência de cobertura fosse semelhante na primeira e na segunda coletas. Aos 92 dias, a maior parte das plantas de nabo, em virtude do seu ciclo curto, já estavam em processo de decomposição, com conseqüente redução do seu potencial de cobertura. Verificou-se também entre a primeira e a segunda coletas uma redução da eficiência da cobertura do solo no tratamento com predomínio de ervilhaca (Er). Embora inicialmente o nabo e o centeio tenham se desenvolvido intensamente, com pouca competição entre espécies, a partir de certo ponto passaram a sofrer os efeitos da senescência e da competição, e assim a ervilhaca, após esse período, desenvolveu-se plenamente e contribuiu para a melhor eficiência de cobertura do solo em todos os tratamentos.

Na terceira coleta os tratamentos estudados obtiveram um percentual de cobertura do solo superior a 90%, demonstrando a alta eficiência das plantas de cobertura de inverno também no referido período.

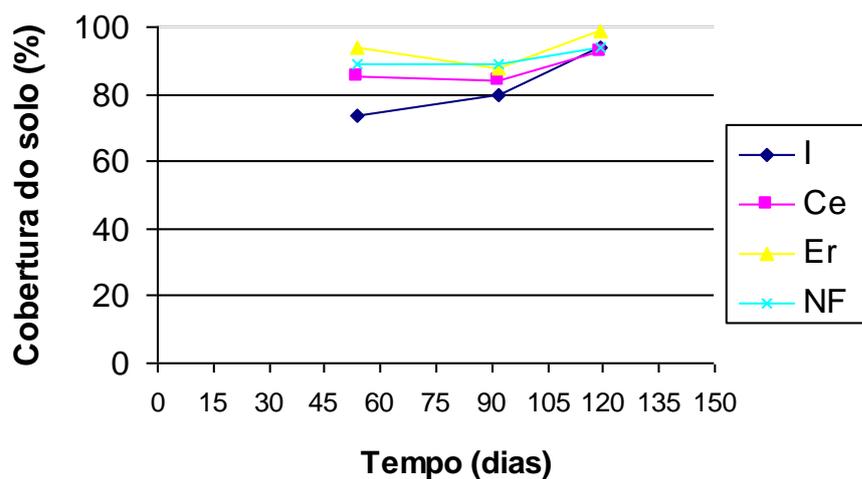


Figura 4. Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 54, 92 e 119 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.2.3. Ituporanga

No experimento da Estação Experimental de Ituporanga, os diferentes tratamentos estudados apresentaram já na primeira coleta, aos 56 dias após a semeadura das culturas de cobertura, eficiência de cobertura do solo maior que 80% (Figura 5). Esses altos percentuais de cobertura do solo já eram esperados, tendo em vista que nesse experimento utilizou-se mais que o dobro da quantidade de sementes daquela dos tratamentos testados nas outras Estações Experimentais.

Tanto na segunda como na terceira coleta, o tratamento com predominância de nabo (NF) alcançou um percentual de cobertura do solo acima de 95%. Os outros tratamentos também apresentaram uma eficiência semelhante, e nas três épocas estudadas não houve diferença estatística entre os tratamentos analisados.

Os altos valores de porcentagem de cobertura do solo verificados representam benefícios para o agroecossistema, pois esta cobertura pode diminuir a erosão e manter a temperatura do solo mais estável (DERPSCH et al., 1991). À medida que vai se degradando, alimenta uma rede de organismos do solo responsáveis por processos importantes de reciclagem de nutrientes e formação de agregados estáveis no solo, entre outros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

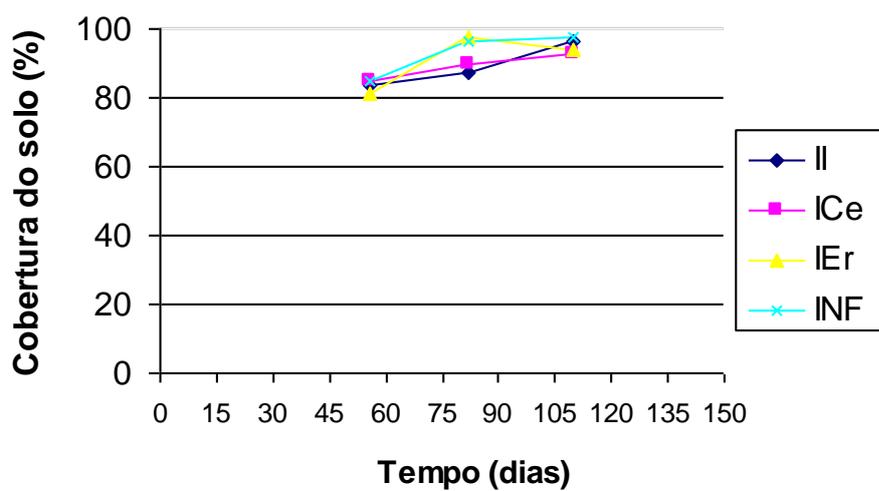


Figura 5. Porcentagem de cobertura do solo por culturas de cobertura de inverno aos 56, 82 e 110 dias após a semeadura das culturas de cobertura na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, utilizando misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF).

5.3. Produção de fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão

5.3.1. Chapecó

Na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, nas três datas de avaliação, a produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão nos diferentes cultivos não variou entre os tratamentos.

5.3.1.1. Milho em sistema de monocultivo

No sistema monocultivo de milho não foram detectadas diferenças estatísticas, nas três épocas de coleta, entre os tratamentos estudados. Na primeira coleta, 35 dias após a semeadura das culturas comerciais, a produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão foi de cerca de 1,0 t/ha (Figura 6). Aos 103 dias, cerca de dois meses após a primeira coleta, a produção de fitomassa variou de 7,4 a 7,9 t/ha nos diferentes tratamentos. Na terceira coleta houve, em relação à coleta anterior, um acréscimo na produção de fitomassa nos tratamentos com predomínio de nabo forrageiro (NF) e com predomínio de centeio (Ce), enquanto que nos demais tratamentos ocorreu o inverso, verificando-se um pequeno decréscimo na produção de fitomassa de espontâneas. No entanto, não se pode afirmar que os tratamentos com predomínio de ervilhaca (Er) e com mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I) foram mais eficientes no controle de espontâneas, pois não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos. Favero et al. (2001) verificaram uma diminuição na produtividade de matéria seca das plantas espontâneas na presença das leguminosas de cobertura, que segundo esse mesmo autor deveu-se aos efeitos de concorrência entre elas, ou seja, abafamento, competição por nutrientes, água, luminosidade e, possivelmente, também aos efeitos alelopáticos provocados pelas leguminosas cultivadas sobre as plantas espontâneas.

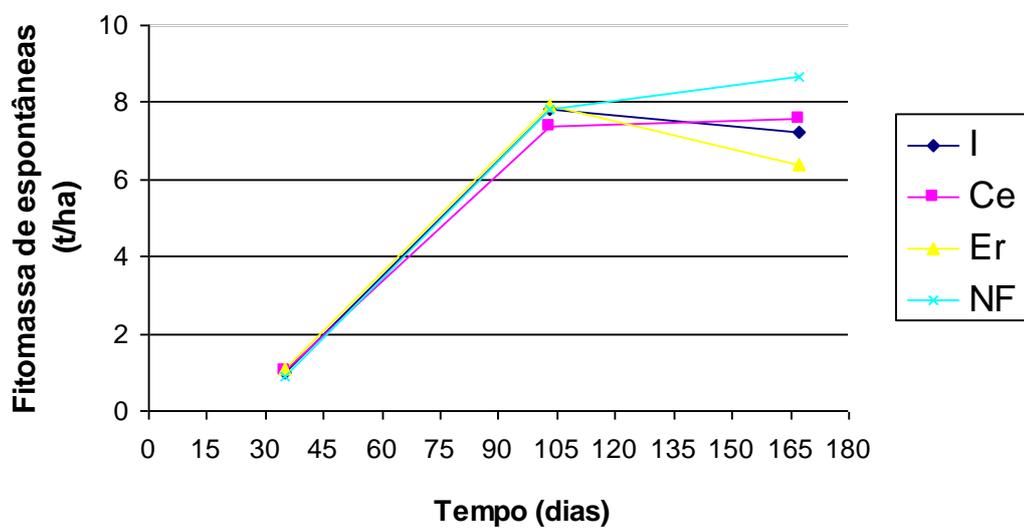


Figura 6. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.1.2. Feijão em sistema de monocultivo

No sistema monocultivo de feijão os tratamentos foram estatisticamente iguais em todas as épocas de coleta de fitomassa de plantas espontâneas de verão. Aos 35 dias após a semeadura das culturas comerciais a produção de fitomassa de espontâneas observada nos tratamentos estudados não foi superior a 1,0 t/ha (Figura 7). Na segunda coleta a produção de fitomassa chegou a 9,4 t/ha, no tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I), enquanto a menor produção, de 8t/ha, foi verificada no tratamento com predomínio de ervilhaca (Er). Na terceira coleta houve um decréscimo na produção de fitomassa em todos os tratamentos, e a maior diminuição em relação ao período analisado anteriormente ocorreu no tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I). Aos 167 dias, a produção de fitomassa foi de aproximadamente 8,0 t/ha em todos os tratamentos, sendo que a milhã (*Digitaria horizontalis*) e o papuã (*Brachiaria plantaginea*) foram as espécies que mais contribuíram com a produção de fitomassa de plantas espontâneas em todos os períodos analisados. Bittencourt (2008) analisando o desenvolvimento de plantas espontâneas no terço inicial de desenvolvimento da cultura do feijão constatou que os tratamentos Centeio + Ervilhaca + Nabo e Testemunha obtiveram uma grande produção de fitomassa total de plantas espontâneas, chegando a ser mais que o dobro da produção de fitomassa do tratamento Centeio + Ervilhaca, que obteve a maior supressão de espontâneas.

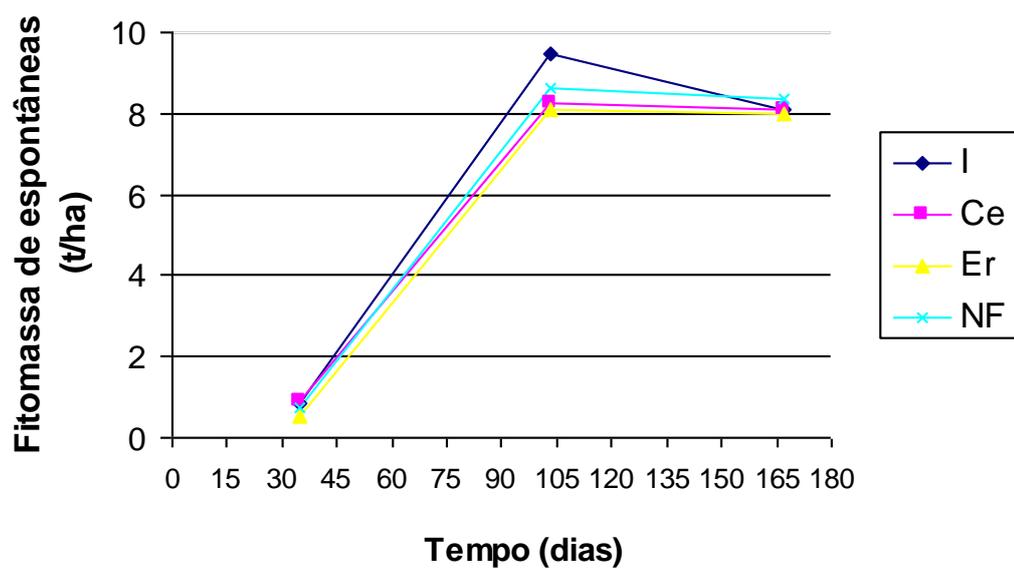


Figura 7. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.1.3. Milho e feijão em sistema de policultivo

No policultivo de milho e feijão realizou-se aos 35 dias, após a semeadura das referidas culturas comerciais, a primeira coleta de plantas espontâneas, e assim como verificado no monocultivo de feijão, a produção de fitomassa chegou próximo a 1,0 t/ha nos diferentes tratamentos, considerados estatisticamente iguais (Figura 8). Já na segunda época de coleta, aos 103 dias, a produção de fitomassa de plantas espontâneas variou entre os tratamentos, mas sem que fossem detectadas diferenças estatísticas entre eles. Aos 167 dias após a semeadura das culturas comerciais de verão realizou-se a terceira coleta. Nessa época a produção de fitomassa nos tratamentos estudados continuou, em relação á segunda coleta, entre 6 a 9,4 t/ha, sem diferir estatisticamente entre os tratamentos.

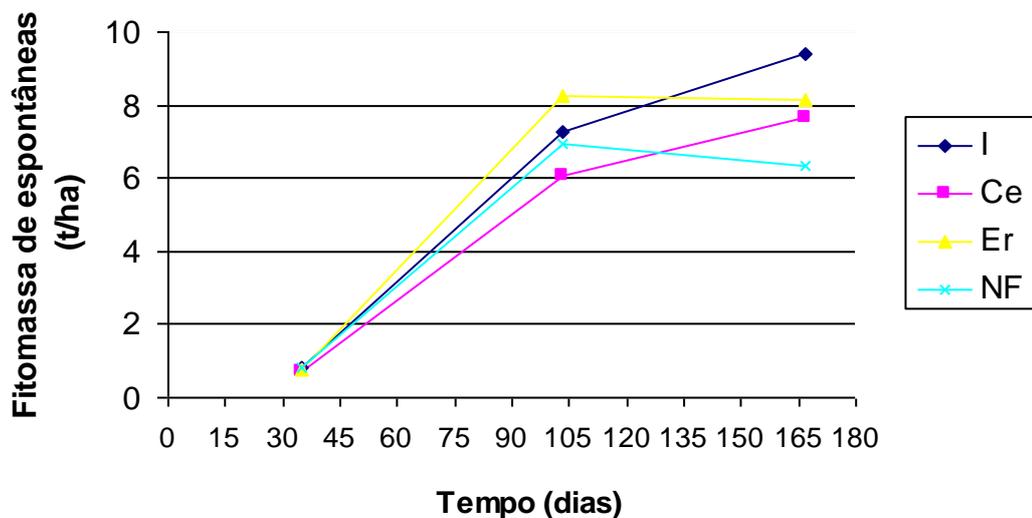


Figura 8. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 35, 103 e 167 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Chapecó, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.2. Campos Novos

No experimento de Campos Novos não foram verificadas diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados nos diferentes sistemas de cultivo. Pelo fato de a área do experimento de Campos Novos ter permanecido em pousio durante o ano de 2006 e apresentar um expressivo banco de sementes de espontâneas, principalmente de picão preto (*Bidens pilosa*) e de azevém, as plantas de cobertura testadas não expressaram o seu máximo potencial.

5.3.2.1. Milho em sistema de monocultivo

No sistema monocultivo de milho os tratamentos foram estatisticamente iguais nas diferentes épocas de coleta. Na primeira coleta a produção entre os diferentes tratamentos, variou entre 1,4 e 2,5 t/ha (Figura 9). Aos 104 dias, na segunda coleta, a produção no tratamento com predomínio de ervilhaca foi de aproximadamente 6 t/ha, enquanto que nos demais a produção observada foi de 4 a 5 t/ha. Na terceira coleta houve uma redução na produção de fitomassa em relação à coleta anterior, exceto no tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I), que manteve a mesma tendência de crescimento desde a primeira análise de produção realizada aos 38 dias após a semeadura das culturas comerciais. Chiovato et al. (2007) verificaram que a maior produção de fitomassa total de plantas espontâneas no sistema de plantio direto orgânico, em comparação ao sistema de plantio direto tradicional com utilização de herbicidas, deveu-se principalmente à alta capacidade de rebrota de algumas espécies invasoras, como *Bidens pilosa*.

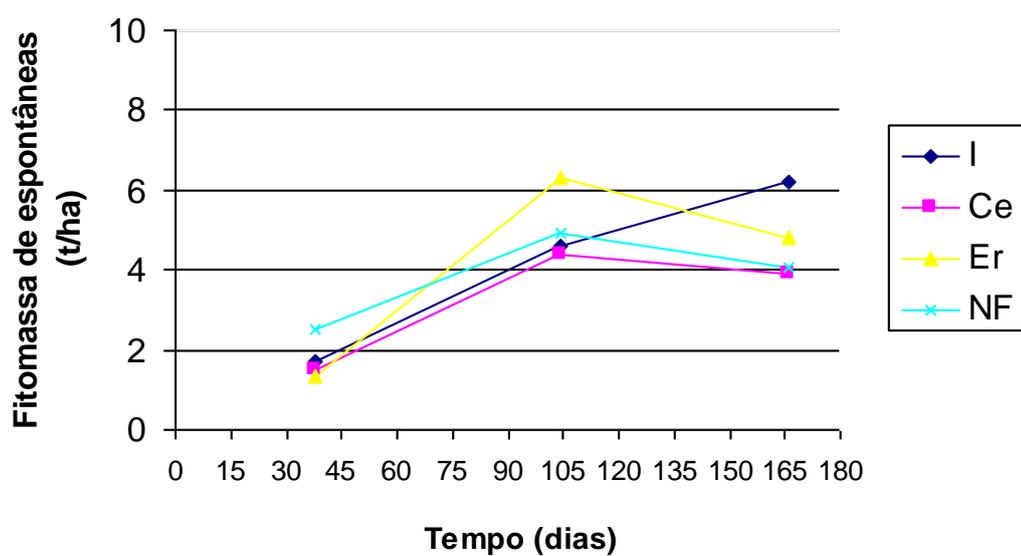


Figura 9. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.2.2. Feijão em sistema de monocultivo

Na primeira coleta de fitomassa de plantas espontâneas de verão, 38 dias após a semeadura das culturas comerciais, a produção de fitomassa nos diferentes tratamentos esteve entre 1,0 e 1,5 t/ha (Figura 10), sem que fossem detectadas diferenças estatísticas entre eles. Aos 104 dias, a produção de fitomassa foi superior a 4,5 t/ha em todos os tratamentos, sem diferença estatística entre os tratamentos. No terceiro período de coleta, aos 166 dias, os tratamentos foram estatisticamente iguais, mas com uma tendência de diferença entre eles ($p=0,061$) indicando uma provável superioridade do tratamento com predomínio de centeio (Ce) em relação ao tratamento com predomínio de ervilhaca (Er) na supressão de plantas espontâneas na área destinada ao monocultivo de feijão no referido período (Anexo 3).

Os resultados da produção de fitomassa de plantas espontâneas aos 166 dias após a semeadura das culturas comerciais fornecem importantes informações para análises do desenvolvimento das populações de plantas espontâneas em determinada área de cultivo. No entanto, no que se refere especificamente à influência da presença de espontâneas sobre o desenvolvimento da cultura do feijão, os resultados das análises da primeira coleta, realizada aos 38 dias após a semeadura da cultura, apresentam maior importância para a definição de possíveis estratégias de manejo, visto que o terço inicial de desenvolvimento é um período de grande suscetibilidade aos efeitos da competição com as plantas espontâneas.

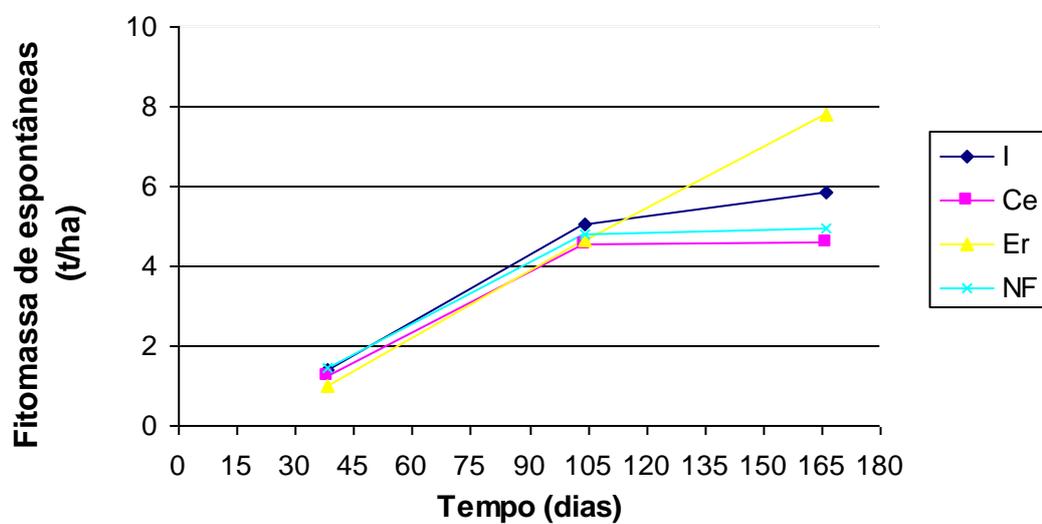


Figura 10. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.2.3. Milho e feijão em sistema de policultivo

No policultivo de milho e feijão observou-se uma nítida diferença no crescimento das plantas espontâneas presentes nas faixas destinadas ao cultivo do feijão em comparação com aquelas nas faixas do milho. Isso ocorreu em razão de as plantas de milho terem se desenvolvido melhor que as plantas de feijão desde o início, apresentando dessa maneira maior capacidade de competição com as plantas espontâneas.

No policultivo de milho e feijão não houve diferenças estatísticas na produção de fitomassa de plantas espontâneas deverão entre os tratamentos estudados aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura das culturas comerciais de verão. Na primeira época de coleta o acúmulo de fitomassa de espontâneas nos diferentes tratamentos variou entre 1,5 e 2,3 t/ha (Figura 11). Cerca de dois meses depois da coleta anterior a produção de fitomassa praticamente dobrou em todos os tratamentos, que não ultrapassaram a produção de 4,4 t/ha. Na terceira coleta verificou-se aumento de acúmulo de fitomassa em todos os tratamentos, mas com valores próximos aos observados na segunda coleta.

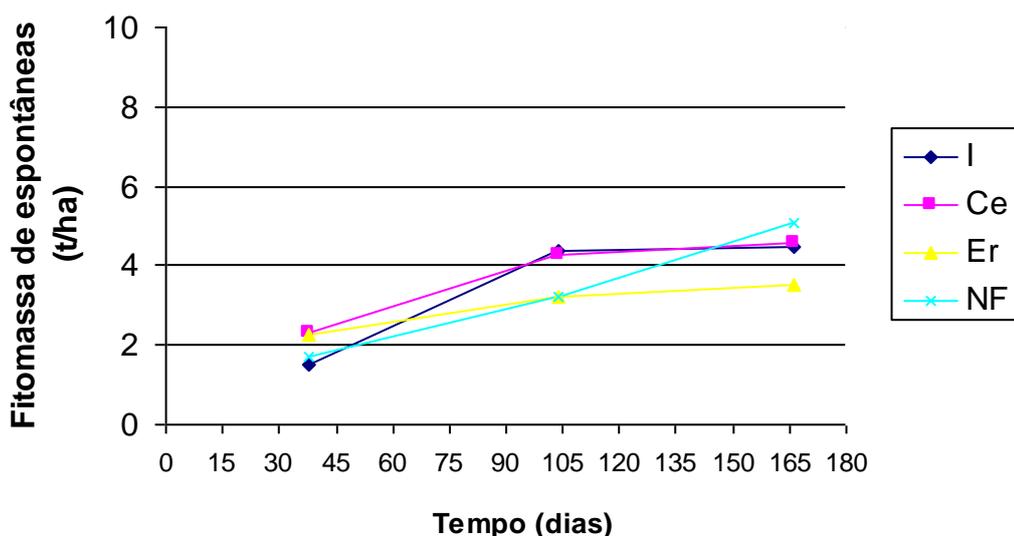


Figura 11. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 38, 104 e 166 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Campos Novos, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (I); predomínio de centeio (Ce); predomínio de ervilhaca (Er) e predomínio de nabo forrageiro (NF).

5.3.3. Ituporanga

Na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga os tratamentos estudados foram estatisticamente iguais em todos os cultivos. O desenvolvimento das plantas espontâneas de verão foi consideravelmente menor em relação às outras Estações Experimentais em razão da densidade de semeadura adotada, visto que quanto maior a massa da cobertura morta, menor será a biomassa produzida pela população de espontâneas, conforme relatado por Teasdale (2004).

5.3.3.1. Milho em sistema de monocultivo

No sistema de monocultivo de milho não foram detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados quanto a fitomassa de plantas espontâneas, nas três épocas de coleta. Na primeira coleta, aos 36 dias após a semeadura das culturas comerciais de verão, foram observados os maiores valores para a produção de fitomassa (1,4 t/ha). No período entre a primeira e a segunda coleta, aos 100 dias, houve uma redução na produção de fitomassa em todos os tratamentos, com produção aproximada de 0,5 a 1,0 t/ha (Figura 12). Essa redução ocorreu em função do aumento da competição com as culturas comerciais. A observação das entrelinhas do milho deixou evidente, desde o início, a importância da palhada que cobria o solo de maneira uniforme, formando uma barreira física contra o desenvolvimento das plantas espontâneas. Nas áreas destinadas ao cultivo do feijão, foi o feijão que mais contribuiu para inibir o desenvolvimento de espontâneas. Aos 168 dias, na terceira coleta de fitomassa, a produção nos diferentes tratamentos, considerados estatisticamente iguais, foi de aproximadamente 0,7 t/ha, consideravelmente menor que no monocultivo de feijão e no policultivo de feijão e milho.

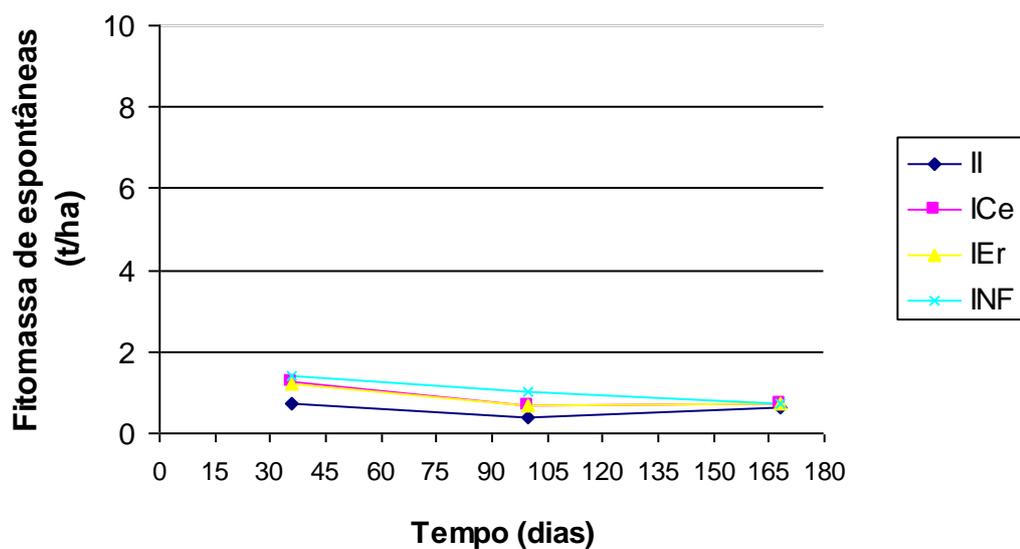


Figura 12. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura do milho em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF).

5.3.3.2. Feijão em sistema de monocultivo

No sistema monocultivo de feijão os tratamentos estudados foram estatisticamente iguais entre si em cada época de coleta. Aos 36 dias a produção de fitomassa de plantas espontâneas de verão foi de aproximadamente 1,0 t/ha (Figura 13). Na segunda coleta, 64 dias depois da amostragem anterior, a produção de fitomassa nos diferentes tratamentos manteve-se praticamente a mesma. Isso ocorreu principalmente porque a cultura comercial passou a oferecer maior competitividade, impedindo assim que as plantas espontâneas, que inicialmente apresentaram um desenvolvimento considerável, se multiplicassem a ponto de produzir as quantidades de fitomassa observadas nos experimentos realizados nas Estações Experimentais da Epagri e Chapecó e Campos Novos no período correspondente. Na terceira coleta, realizada 168 dias depois da semeadura das culturas de verão, houve um acréscimo na produção de fitomassa em todos os tratamentos, que variou entre 2,5 a 3,5 t/ha. Esse aumento na produção de fitomassa de espontâneas após a segunda coleta realizada aos 100 dias, deve-se em grande parte ao término do ciclo do feijão, e conseqüente redução da competição. Kieling (2007) verificou que os consórcios de cultivos de cobertura compostos por aveia + ervilhaca, ervilhaca + nabo forrageiro e o trio aveia preta + ervilhaca + nabo forrageiro, apresentaram o melhor desempenho quanto á supressão de plantas espontâneas, nas três épocas avaliadas, quando comparados com o pousio de inverno, consórcio aveia preta + nabo forrageiro e monocultivos de aveia, nabo e ervilhaca. O bom desempenho dos consórcios deve-se ao efeito de complementaridade entre as diferentes espécies utilizadas. A ervilhaca, por exemplo, promove a fixação biológica de nitrogênio, disponibilizando este nutriente no solo e conseqüentemente favorecendo o desenvolvimento da aveia ou do nabo forrageiro, que posteriormente servirão de suporte para o seu crescimento. Por apresentarem diferenças quanto ao ciclo de desenvolvimento, área de exploração radicular, capacidade de competição

e exigência nutricional, as diferentes espécies não competem diretamente pelos fatores indispensáveis ao desenvolvimento.

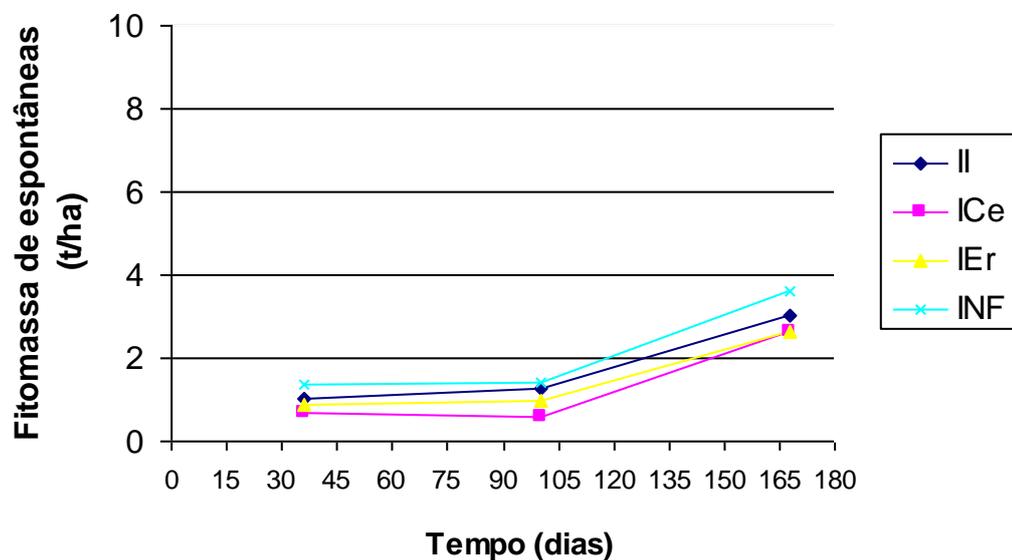


Figura 13. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura do feijão em sistema de monocultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF).

5.3.3.3. Milho e feijão em sistema de policultivo

No policultivo de milho e feijão os valores de produção de fitomassa de plantas espontâneas não ultrapassaram 2,0 t/ha (Figura 14), e nas três épocas de coleta de fitomassa não houve diferenças estatísticas entre os tratamentos. No primeiro período de coleta de fitomassa, aos 36 dias, foram observados valores de produção entre 0,8 e 1,3 t/ha, mas sem que fossem detectadas diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados. Na segunda coleta constatou-se um considerável aumento na produção de fitomassa nos tratamentos com predomínio de centeio (1,3 t/ha), com mistura das culturas de cobertura em partes iguais (1,5 t/ha) e com predomínio de nabo (1,8 t/ha). Entre a segunda e a terceira coleta houve uma redução na produção de fitomassa nos tratamentos citados acima, enquanto que no tratamento com predomínio de ervilhaca observou-se um acréscimo de aproximadamente 0,5 t/ha na produção total.

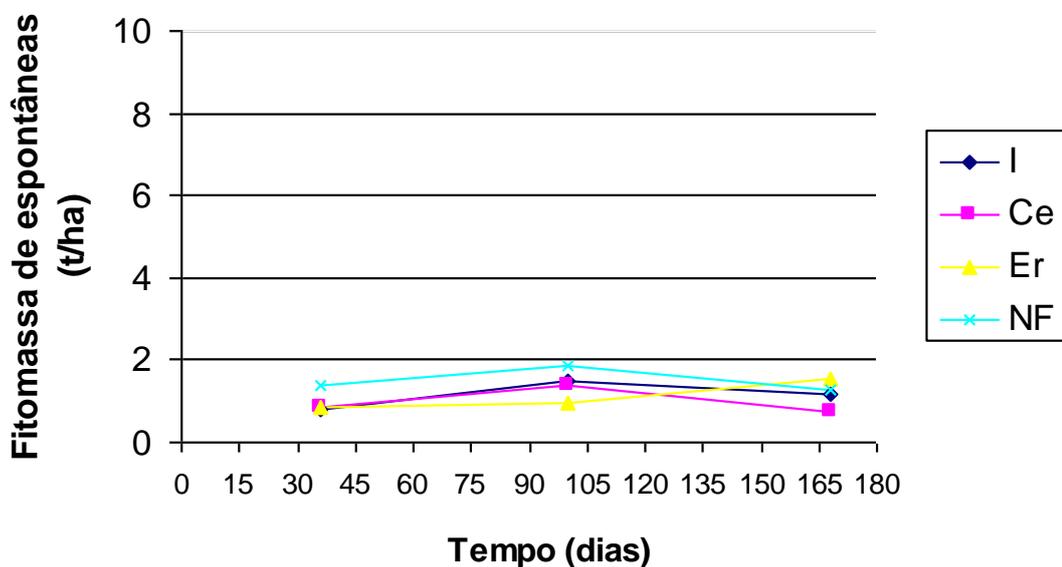


Figura 14. Fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo da cultura de verão, aos 36, 100 e 168 dias após a semeadura de milho e feijão em sistema de policultivo, na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, sob resíduos das misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF).

5.4. Rendimento da cultura de verão

Por razões diversas, em todos os experimentos não houve produção de feijão. Em Chapecó e Campos Novos o feijoeiro foi prejudicado pela competição com as plantas espontâneas a ponto de se encontrarem poucas plantas saudáveis de feijão ainda no segundo terço de desenvolvimento da cultura, que não produziu grãos viáveis. A ausência de roçadas, capinas ou qualquer outro tipo de controle mecânico de plantas espontâneas foi intencional para testar todo o potencial das culturas de cobertura de inverno. Em Ituporanga não houve problemas relevantes no que se refere à competição com as plantas espontâneas, mas em decorrência de chuvas fortes e concentradas durante a fase de formação de grãos, não foram produzidos grãos viáveis.

A cultivar de milho utilizada foi de ciclo precoce, mas a grande competição promovida pelas plantas espontâneas acarretou o atraso em seu desenvolvimento e grande perda de produção nos experimentos de Chapecó e Campos Novos.

Os rendimentos de milho em mono e policultivo nos experimentos de Campos Novos e Chapecó foram irrisórios em razão da grande quantidade de plantas espontâneas que se desenvolveram no local. As principais espécies foram picão preto (*Bidens pilosa*) e azevém (*Lolium multiflorum*) em Campos Novos e milhã (*Digitaria horizontalis*) em Chapecó, competindo com a cultura comercial pelos recursos necessários para a expressão de todo o seu potencial produtivo.

A área experimental de Campos Novos esteve em pousio durante o ano de 2006, e apresentava um significativo banco de sementes de espontâneas, proporcionando condições favoráveis para o relevante desenvolvimento das plantas espontâneas que competiram com as culturas comerciais, cultivadas no primeiro ano sob o sistema de plantio direto.

Em Chapecó, as culturas comerciais foram bastante afetadas por fatores climáticos. A primeira semeadura das culturas de verão foi realizada logo após a rolagem das culturas de

inverno, no início de outubro, mas a ocorrência de chuvas fortes nesse período prejudicou a germinação das sementes e o desenvolvimento inicial das culturas. A ressemeadura foi realizada cerca de duas semanas depois, de modo que a cobertura deixada sobre o solo pelas plantas de cobertura de inverno já havia sido significativamente degradada pela ação do calor e das chuvas, perdendo assim grande parte do potencial de controle de espontâneas. Entretanto, no mês de dezembro a precipitação pluviométrica diminuiu consideravelmente, e a região entrou em um longo período de estiagem. A ausência de um controle efetivo de espontâneas nas fases iniciais de desenvolvimento das culturas econômicas e o déficit hídrico durante parte do ciclo de desenvolvimento dessas culturas, determinaram grandes perdas de produção no experimento conduzido na Estação Experimental de Chapecó.

A redução do rendimento de grãos de milho devido à competição estabelecida com as plantas espontâneas varia em função da espécie invasora, do grau de infestação, das condições edafoclimáticas e do estágio fenológico da cultura (KOZLOWSKI, 2002).

Conforme Bittencourt (2008), em estudo sobre a capacidade supressiva de culturas de cobertura de inverno, produções de grandes quantidades de fitomassa por culturas de cobertura de inverno em uma única estação não foram capazes de determinar diretamente a supressão de espécies de espontâneas de verão.

Esses resultados apontam para a necessidade de intervenção mecânica em determinadas situações, possivelmente no terço inicial do desenvolvimento da cultura, o que poderia reduzir em muito a população de plantas espontâneas e favorecer o desempenho da cultura comercial. Espécies de plantas espontâneas com alta taxa de crescimento inicial e eficiência na utilização de recursos para produção de fitomassa devem ser controladas com capinas realizadas no estágio de quatro folhas completamente expandidas do milho (CHIOVATO et al., 2007). Segundo Steinmaus et al. (2008), a combinação de diversos métodos de supressão de plantas espontâneas deve ser usada para prevenir que espontâneas

tolerantes a um determinado método utilizado repetidamente se desenvolvam de forma prejudicial ao desenvolvimento da cultura.

Em Ituporanga foram obtidos bons rendimentos com o milho cultivado em sistema de monocultivo (Tabela 2), sendo que os diferentes tratamentos estudados, considerados estatisticamente iguais, superaram a média de produtividade da microrregião região produtora de Ituporanga, que foi de 5,3 t/ha na safra 2007/2008 (EPAGRI/CEPA, 2009). O destaque foi para o tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I), com produtividade de 6,7 t/ha. Silva et al. (2006), estudando coberturas de solo no inverno para cultivo do milho em sucessão no sistema de PD, concluíram que, na ausência de adubação nitrogenada, as maiores produtividades de milho são obtidas quando a cultura antecessora é a ervilhaca-peluda ou o nabo forrageiro, e as menores quando a cultura antecessora é a aveia-preta. A realização de uma adubação orgânica de cobertura antes da semeadura do milho pode ter contribuído para que o tratamento com predomínio de ervilhaca (Er) não tenha proporcionado maiores rendimentos para a cultura comercial que o tratamento com predomínio de uma gramínea (Ce).

Tabela 2. Rendimento de Milho Variedade Fortuna (t/ha) em sistema de Monocultivo, em experimento de Plantio Direto sem o uso de Herbicidas realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura do solo, utilizadas em misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF)

Produtividade - Milho (t/ha)				
Local	Tratamentos			
	II	ICe	IEr	INF
Ituporanga	6,70a	6,65a	6,34a	5,95a

¹ Resultados com a mesma letra, em cada época, não apresentam diferenças significativas ao nível de 5% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,05$);

² Tratamentos: II. centeio [96 Kg/ha] + ervilhaca [60 Kg/ha] + nabo [36 Kg/ha]; ICe. centeio [144 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; IEr. ervilhaca [96 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; INF. nabo [48 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha].

³ Colheita 169 dias após a semeadura.

O milho cultivado em sistema de policultivo também obteve bons rendimentos (Tabela 3), embora menores que aqueles obtidos no sistema de monocultivo.

Houve diferenças estatísticas entre os tratamentos estudados (Anexo 4). O tratamento com predominância de centeio (Ce) apresentou o maior rendimento de grãos, diferindo estatisticamente dos tratamentos com predominância de ervilhaca (Er) e de nabo forrageiro (NF), mas não do tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (I), embora com rendimento 20% maior.

O tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais não diferiu estatisticamente daqueles com predominância de ervilhaca e de nabo, mas apresentou rendimentos 1,2 a 1,3 vezes superiores, respectivamente.

O melhor rendimento de milho em sistema de policultivo (5,3 t/ha), foi muito semelhante à média de produtividade da microrregião produtora de Ituporanga na safra 2007/2008 (EPAGRI/CEPA, 2009), evidenciando as vantagens proporcionadas pelas plantas de cobertura de inverno à cultura do milho, que mesmo cultivado em consórcio obteve rendimentos comparáveis aos observados em sistemas de monocultivo.

Tabela 3. Rendimento de Milho Variedade Fortuna (t/ha) em sistema de Policultivo, em experimento de Plantio Direto sem o uso de Herbicidas realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga, em sucessão ao cultivo de plantas de cobertura do solo, utilizadas em misturas de centeio (CE), ervilhaca (ER) e nabo forrageiro (NF), em diferentes proporções: quantidades iguais (II); predomínio de centeio (ICe); predomínio de ervilhaca (IEr) e predomínio de nabo forrageiro (INF)

Produtividade - Milho (t/ha)				
Local	Tratamentos			
	I	Ce	Er	NF
Ituporanga	4,42ab	5,26a	3,37b	3,58b

¹ Resultados com letras diferentes, em cada época, apresentam diferenças significativas ao nível de 1% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,01$);

² Tratamentos: II. centeio [96 Kg/ha] + ervilhaca [60 Kg/ha] + nabo [36 Kg/ha]; I Ce. centeio [144 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; IEr. ervilhaca [96 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; INF. nabo [48 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha].

³ Colheita 169 dias após a semeadura.

5.5. Relação custo – benefício das culturas de cobertura de inverno no monocultivo de milho em Ituporanga

Com base nos valores de rendimentos de grãos da cultura do milho cultivado em sistema de monocultivo em sucessão aos diferentes tratamentos estudados, e nos valores gastos com as sementes das plantas de cobertura de inverno, foi realizada uma análise de investimento considerando o valor da saca de milho (60Kg) pago ao produtor no mercado de Santa Catarina (EPAGRI/CEPA, 2009). Desse modo foi determinado o valor monetário unitário de retorno de investimento.

A maior receita com a cultura do milho foi obtida no tratamento constituído pela mistura das culturas de cobertura em partes iguais (II), proporcionando maior lucratividade que as demais, além do maior retorno por unidade investida juntamente com o tratamento com predominância de nabo forrageiro (INF) (Tabela 4). No entanto, pode-se afirmar que de maneira geral os tratamentos apresentaram um desempenho semelhante, pois as diferenças de produtividade, que interferem diretamente nas receitas, se devem ao acaso e não aos efeitos de tratamentos, que foram estatisticamente iguais, conforme apresentado na Tabela 2.

Na região de Ituporanga é comum o uso da aveia preta como cultura de cobertura de inverno, semeada na densidade de 90 Kg/ha, representando um custo de aproximadamente 80 reais com a compra de sementes. No entanto, o modelo convencional depende do uso de insumos industriais como adubos sintéticos, dessecantes e herbicidas, e mesmo no cultivo de milho com baixa utilização de insumos, com rendimento previsto de 4,2 t/ha, representam um acréscimo de 350 reais no custo de produção por hectare. Por outro lado, no sistema com média utilização de insumos industriais, e produção estimada de 7,2 t/ha, o acréscimo é superior a 880 reais (EPAGRI/CEPA, 2009). Nos experimentos realizados foi utilizada adubação orgânica, que pode ser obtida a um baixo custo, principalmente por se tratar de um recurso produzido na maioria das propriedades rurais. O esterco de aves, por exemplo, segundo a tabela de preços médios de insumos em Santa Catarina, custa em média 30 reais por tonelada (EPAGRI/CEPA, 2009).

Considerando a economia com herbicidas ou qualquer outro tipo de agrotóxico, adubos sintéticos e sementes de “alta tecnologia”, foi evidente o ganho econômico na produção de milho em monocultivo em sucessão às plantas de cobertura de inverno, que chegou a mais de 110 sacas de 60Kg por hectare. Analisando de forma simplificada os ganhos de produtividade e os custos de produção, pode-se observar a superioridade do sistema de cultivo agroecológico em comparação ao convencional¹, visto que produziu cerca de 2,2 t/ha a mais que o sistema com baixa utilização de insumos industriais, com um custo de produção similar e sem ocasionar poluição ambiental ou danos à saúde de agricultores e consumidores, em razão da não utilização de agrotóxicos. A referida diferença de rendimento entre os dois sistemas citados representa um acréscimo, na receita bruta, de 830 reais por hectare, supondo-se um valor de R\$22,43/saca. Em relação ao sistema com média utilização de insumos, o cultivo sem agrotóxicos produziu 0,5 t/ha a menos, mas com uma economia no custo de produção de aproximadamente 450 reais por hectare. Esses resultados demonstram a viabilidade econômica do plantio direto de milho sem o uso de herbicidas e outros agrotóxicos, mesmo quando comparado a sistemas convencionais com diferentes níveis de utilização de insumos industriais.

Tabela 4. Custo com sementes, receita bruta e retorno por unidade monetária investida nas culturas de cobertura de inverno

Cobertura de inverno	Custo da cobertura	Receita do milho	Ret. Unid. Invest.
	R\$/ha	R\$/ha	R\$/ha
II	452	2505	5,5
ICe	485	2489	5,1
IEr	481	2372	4,9
INF	396	2224	5,6

¹ Tratamentos: II. centeio [96 Kg/ha] + ervilhaca [60 Kg/ha] + nabo [36 Kg/ha]; ICe. centeio [144 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; IEr. ervilhaca [96 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + nabo [24 Kg/ha]; INF. nabo [48 Kg/ha] + centeio [72 Kg/ha] + ervilhaca [48 Kg/ha].

² Valor Médio da saca de milho de 60Kg recebido pelos agricultores, segundo as principais praças de Santa Catarina (Instituto CEPA) em fevereiro de 2009 - R\$22,43.

¹ Dados obtidos no Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola - Epagri/Cepa, em fevereiro de 2009.

A utilização de plantas de cobertura na supressão de plantas espontâneas pode ser de grande relevância e eficácia, desde que sejam utilizados métodos complementares, levando em consideração as particularidades de cada situação, visto que não há uma receita pronta, mas sim princípios que orientam as decisões. No presente estudo optou-se por não realizar capina ou roçada para verificar se as plantas de cobertura apresentariam a mesma eficácia observada em outros trabalhos nos quais não foi realizada qualquer intervenção para o controle de plantas espontâneas, e principalmente para testar o efetivo potencial supressor dessas plantas sobre as plantas espontâneas de verão nos experimentos realizados.

Estudos desta natureza necessitam de continuidade para se obter uma série temporal de dados que permita detectar a evolução do banco de sementes de espontâneas no tempo. A germinação e crescimento de espontâneas são condicionados por fatores climáticos, tanto que existem modelos que buscam prever a ocorrência de populações vegetais em função de tais eventos. Isto é possível através modelos de simulação nos quais são incluídos os elementos relevantes, tanto bióticos como abióticos, necessários para a descrição dos fenômenos no campo, possibilitando generalizações a partir de conhecimentos gerados regionalmente (GUTIERREZ et al., 1998).

Com o tempo as plantas de cobertura melhoram as características físicas, químicas e biológicas do solo, além de aumentar a biodiversidade do agroecossistema promovendo inúmeras interações ecológicas positivas, sendo de grande importância para a viabilização do plantio direto sem o uso de herbicidas. As pesquisas que buscam alternativas ao uso de herbicidas podem contribuir para a inserção de agricultores em um processo de ganho de autonomia, reduzindo ou eliminando a dependência por insumos provenientes da indústria agroquímica, e minimizando os riscos de contaminações por agrotóxicos. As referidas mudanças são importantes passos no processo de transição para a agroecologia.

A rentabilidade dos cultivos agroecológicos, bem como a extensão de tempo necessária para o retorno dos investimentos realizados, dependem das estratégias de manejo adotadas e principalmente de quanto o agroecossistema se encontra distante do equilíbrio ecológico.

O uso de plantas de cobertura nas densidades de semeadura adequadas proporcionou vantagens econômicas para o milho cultivado em sucessão, assim como verificado por diversos autores em estudos com outras culturas comerciais. Estudos realizados em vinhedos por Steinmaus et al. (2008), por quatro anos consecutivos, com diferentes sistemas de cultivo, demonstraram maior lucratividade (800 €/ha) nos sistemas com plantas de cobertura em relação aos sistemas convencionais e com herbicidas. Lana (2007) e Bittencourt (2008) observaram que o investimento em culturas de cobertura de inverno trouxe retorno em curto prazo para o sistema de produção do feijão, quando em comparação com o pousio de inverno, e que seu rendimento é beneficiado pela combinação de diferentes espécies como ervilhaca, nabo forrageiro e centeio ou aveia preta.

Em geral, a produção de fitomassa nos períodos de inverno e verão foi independente às proporções de centeio, ervilhaca e nabo forrageiro utilizadas na mistura das referidas culturas de cobertura. Assim, a proporção de cada espécie pode ser definida de acordo com cada caso, considerando fatores como custo e disponibilidade das sementes na região, condições de fertilidade do solo e família botânica da cultura comercial cultivada em sucessão. Em propriedades em que há integração lavoura-pecuária, pode-se optar por misturas com maior proporção de gramíneas, como centeio ou aveia preta, e menor proporção de nabo forrageiro, aumentando dessa maneira a produção e a qualidade da pastagem de inverno. No caso do cultivo de milho, é recomendável utilizar maiores proporções de ervilhaca e nabo forrageiro, reduzindo um pouco a proporção de centeio ou aveia preta na mistura de culturas de cobertura, visando evitar problemas com o aumento da incidência de pragas e doenças

comuns às gramíneas. Quando a cultura de interesse comercial for o feijão ou a soja, seguindo a mesma lógica, é aconselhável aumentar as proporções de nabo forrageiro e da gramínea escolhida, diminuindo a proporção de ervilhaca.

A consorciação de espécies de plantas de cobertura é um fator de grande importância, pois há uma complementaridade entre as diferentes espécies, que por diversos mecanismos ajudam no desenvolvimento umas das outras. Kieling (2007), estudando cultivo do tomateiro em sistema de plantio direto sem o uso de herbicidas, verificou que a ervilhaca e o nabo forrageiro foram de grande importância para o aumento da fitomassa das coberturas e para a melhoria do solo em todos os consórcios dos quais fizeram parte, mas em cultivo solteiro as mesmas espécies não apresentaram bons desempenhos.

Quando se faz a comparação entre a influência das plantas de cobertura de inverno no desenvolvimento das culturas comerciais nos três experimentos realizados no presente trabalho, fica evidente a necessidade de novos estudos que possam confirmar os resultados obtidos em Ituporanga com a adoção de altas densidades de semeadura, bem acima dos valores usualmente recomendados. Também se evidencia a necessidade de testa-las em diferentes regiões, como em Chapecó e Campos Novos, onde a utilização das plantas de cobertura em densidades normais não foi capaz de suprimir o desenvolvimento das plantas espontâneas de verão. Também ficou clara a importância de estudos que considerem possíveis intervenções mecânicas nos períodos em que as culturas comerciais são mais sensíveis à competição com as plantas espontâneas. O controle mecânico das espontâneas de verão no terço inicial de desenvolvimento das culturas comerciais poderia ter feito uma grande diferença nos resultados de produtividade observados nos experimentos de Campos Novos e Chapecó.

Existem pesquisas consolidadas sobre plantas de cobertura de inverno, mas o sistema de Plantio Direto sem o uso de Herbicidas traz a necessidade de pesquisas que identifiquem

consórcios e densidades de semeadura mais adequadas para esse sistema, que, por não utilizar agrotóxicos, apresenta um nível de complexidade bem maior que o convencional, em que o controle das plantas espontâneas, por exemplo, é simplificado pelo uso de herbicidas e desseccantes.

Se os danos e prejuízos causados ao meio e à saúde de agricultores e consumidores fossem contabilizados, ficaria mais evidente a inviabilidade das práticas agrícolas orientadas pelos pacotes tecnológicos concebidos na lógica da obtenção de lucros com a venda de agrotóxicos e outros insumos.

6. Conclusões

A viabilidade do sistema de plantio direto sem o uso de herbicidas, principalmente nos primeiros anos de cultivo, depende da combinação de diferentes estratégias e da consideração das características particulares de cada agroecossistema, bem como das culturas de interesse. Com o passar do tempo, a diminuição do banco de sementes de plantas espontâneas também contribui de maneira importante para o melhor desempenho das culturas comerciais.

A produção de fitomassa nos períodos de inverno e verão tende a se equivaler, independente das proporções de centeio, ervilhaca e nabo forrageiro utilizadas na mistura das referidas culturas de cobertura de inverno.

A produção de milho em sistema de monocultivo em Ituporanga superou a média de produtividade da microrregião produtora na qual está inserida, demonstrando a viabilidade do plantio direto sem o uso de herbicidas para esta cultura em sucessão à combinação de centeio, ervilhaca e nabo forrageiro, desde que se utilize a densidade de semeadura adequada.

A grande quantidade de chuvas entre o florescimento e a fase de formação de grãos foi determinante para a perda total de produção do feijão cultivado em Ituporanga. Nos experimentos de Chapecó e Campos Novos a competição com as plantas espontâneas foi a principal responsável pela perda de produção.

Em Chapecó e Campos Novos um aumento na densidade de semeadura das plantas de cobertura de inverno e/ou a utilização de controle mecânico de plantas espontâneas no terço inicial de desenvolvimento das culturas de verão poderiam ter evitado perdas de produtividade das culturas comerciais.

7. Referências Bibliográficas

- ADEGAS, F.S. Manejo integrado de plantas daninhas. *In: CONFERÊNCIA ANUAL DE PLANTIO DIRETO*, 2., 1997, Pato Branco. **Resumo de palestras**. Passo Fundo: Ed. Aldeia Norte, p. 17-26. 1997.
- AITA, C.; GIACOMINI, S.J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n.4, 2003.
- AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendações de adubação nitrogenada para o milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura do solo, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.241-248, 2002.
- AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. Agricultura orgânica em áreas urbanas e periurbanas com base na agroecologia. **Ambiente & sociedade**, Campinas, v. 10, n. 1, 2007.
- BIANCO, R. Ocorrência de pragas no plantio direto e convencional. *In: FANCELLI, A.L.; TORRADO, P.V.; MACHADO, J. (Coord.) Atualização em plantio direto*. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.183-194.
- BALBINOT JR., A.A. *et al.* Formas de uso do solo no inverno e sua relação com a infestação de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) cultivado em sucessão. **Planta daninha**, Viçosa, v. 26, n. 3, 2008.
- BITTENCOURT, H.v.H.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J.; LANA, M.A.; ALTIERI, M.A. Produtividade de feijão-guará e efeito supressivo de culturas de cobertura de inverno em espontâneas de verão. **Acta Scientiarum**. Agronomy, 2008. (no prelo)
- BORKERT, C.M.; GAUDENCIO, C.A.; PEREIRA, J.E. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 1, 2003.
- BEUTLER, A.N.; ELTZ, F.L.F.; BRUM, A.C.R. Fornecimento de nitrogênio por plantas de cobertura de inverno e de verão para o milho em sistema de plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 27, n. 4, 1997 .
- BRAGAGNOLO, N.; MIELNICZUK, J. Cobertura do solo por resíduos de oito seqüências de culturas e seu relacionamento com a temperatura e umidade do solo, germinação e crescimento inicial do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 14:91-98, 1990.
- BRAUNACK, M.V.; DEXTER, A.R. Soil aggregation in the seedbed: a review. I. Properties of aggregates and beds of aggregates. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.14, p.259-279, 1989.
- BUHLER, D.D.; HARTZLER, R.G.; FORCELLA, F. Implications of weed seed bank dynamics to weed management. **Weed Science**, Champaign, v.45, p.329-336, 1997.
- CALEGARI, A. Espécies para cobertura de solo. *In: DAROLT, M.R. (Coord.) Plantio direto: pequena propriedade sustentável*. Londrina: Iapar, 1998. p.65-94. (Circular, 101).

- CALEGARI, A. *et al.* **Adubação verde no sul do Brasil**, 2ª ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993, 346 p.
- CAMARGO, O.A. **Compactação do solo e desenvolvimento de plantas**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 44p.
- CAMPOS, B.C.; REINERT, D.J.; NICOLODI, R.; RUEDELL, J.; PETRERE, C. Estabilidade estrutural de um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico após sete anos de rotação de culturas e sistemas de manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 19:121-126,1995.
- CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (coord.). **Microbiologia do Solo**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. Campinas. 360 p. 1992.
- CASTRO, O.M.; PRADO, H.; SEVEDO, A.C.R.; CARDOSO, E.J.B.N. Avaliação da atividade de microrganismos do solo em diferentes sistemas de manejo de soja. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 50, n. 2,1993.
- CASTRO, O.M.; VIEIRA, S.R.; MARIA, I.C. Sistemas de preparo do solo e disponibilidade de água. In: SIMPÓSIO SOBRE O MANEJO DE ÁGUA NA AGRICULTURA, Campinas, 1987. **Anais**. Campinas : Fundação Cargill, 1987. p.27-51.
- CERETTA, C.A.; BASSO, C.J.; FLECHA, A.M.T.; PAVINATO, P.S.; VIEIRA, F.C.B.; MAI, M.E.M. Manejo da adubação nitrogenada na sucessão aveia preta/milho, no sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.26, p.163-171, 2002.
- CHIOVATO, M.G. *et al.* Diferentes densidades de plantas daninhas e métodos de controle nos componentes de produção do milho orgânico. **Planta daninha**, Viçosa, v. 25, n. 2, 2007.
- CORREA, M. P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Indústria e Comércio, 1926. v.6.
- COSTA, M.B.B. (Coord.). **Adubação verde no Sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346p.
- COSTABEBER, J.A. **Acción colectiva y procesos de transición agroecológica en Rio Grande do Sul, Brasil**. Córdoba, 1998. 422f. (Tese de Doutorado) Programa de Doctorado en Agroecología, Campesinado e Historia, ISEC-ETSIAN, Universidad de Córdoba, España, 1998.
- CRUSCIOL, C.A.C. *et al.* Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, fev. 2005.
- DAROLT, M. R.; SKORA NETO, F. Sistema de plantio direto em agricultura orgânica. **Revista Plantio Direto**, p. 28–31, 2002.
- DERPSCH, R. Adubação verde e rotação de culturas. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO, 3, 1985, Ponta Grossa. **Anais...** Ponta Grossa: Fundação ABC, 1985. p.85-104.
- DERPSCH, R.; CALEGARI, A. **Plantas para adubação verde de inverno**. Londrina: Iapar, 1992. 80p. (Circular, 73).

DERPSCH, R.; ROTH, C.H.; SIDIRAS, N.; KOPKE, U. **Controle da erosão no Paraná, Brasil: sistemas de cobertura de solo, plantio direto e preparo conservacionista do solo.** Eschborn: GTZ; Londrina: IAPAR, 1991. 272 p.

DOYLE, C.J. A review of the use of models of weed control in Integrated Crop Protection. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 64, p. 165-172, 1997.

EPAGRI/CEPA – Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola. Disponível em: <<http://cepa.epagri.sc.gov.br/>>. Acessado em 14 de maio de 2009.

FANCELLI, A.L.; FAVARIN, J.L. Realidade e perspectivas para o sistema de plantio direto no Estado de São Paulo. In: FANCELLI, A.L. (Coord.) **Plantio direto no Estado de São Paulo**. Piracicaba: FEALQ/ESALQ, 1989. p.15-34.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 11, nov. 2001.

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

GIACOMINI, S.J. **ConSORCIAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA NO OUTONO/INVERNO E FORNECIMENTO DE NITRÓGENIO AO MILHO EM SISTEMA PLANTIO DIRETO.** Santa Maria, Universidade Federal de Santa Maria, 2001. 124p. (Dissertação de Mestrado).

GIACOMINI, S.J.; AITA, C.; CHIAPINOTTO, I.C.; HÜBNER, A.P.; MARQUES, M.G.; CADORE, F. ConSORCIAÇÃO DE PLANTAS DE COBERTURA ANTECEDENDO O MILHO EM PLANTIO DIRETO: II - Nitrogênio acumulado pelo milho e produtividade de grãos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, n.4, 2004.

GIOVANNINI, D.; MERLI, M.; MARANGONI, B. Gestione integrata e convenzionale del pescheto: Influenza sulle caratteristiche vegeto-produttive degli alberi e sulla fertilità del terreno. **R. Frut.Ortoflor.**, 65:39-48, 2003.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável.** Porto Alegre: Ed. UFRGS; 2001.

GUTIERREZ, A.P.; VILLACORTA, A.; CURE, J.R.; ELLIS, C.K. Tritrophic analysis of the coffee (*Coffea arabica*) - coffee berry borer [*Hypothenemus hampei* (Ferrari)] - parasitoid system. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 27, n. 3, set. 1998.

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

HODTKE, M.; ARAUJO, P.A.; KOPKE, U.; ALMEIDA, D.L. de. Nutritional status, grain yield and N-balance of organically grown maize intercropped with green manure. In: FOGUELMAN, D.; WILLIE, L. (Ed.). **Organic agriculture: the credible solution for the XXIst Century.** Mar del Plata: IFOAM, 1999. p.135-141.

KAISER, E.A.; MARTENS, R.; HEINEMEYER, O. Temporal changes in soil microbial biomass carbon in an arable soil. **Plant and Soil**, v.170, p.287-295, 1995.

KIELING, A.S. **Plantas de cobertura em sistema de plantio direto de tomate : efeitos sobre plantas espontâneas, atributos do solo e a produtividade de frutos em um processo de transição agroecológica.** Florianópolis, 2007. 117 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

KOHLI, R.K.; BATISH, D.R.; SINGH, H. P. Allelopathic interactions in agroecosystems. In: REIGOSA, M.; PEDROL, N.; GONZALEZ, L. (Ed.). **Allelopathy: A physiological process with ecological implications.** Dordrecht: Springer, p. 465-492, 2006.

KOZLOWSKI, L.A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. **Planta Daninha**, v. 20, n. 3, p. 365-372, 2002.

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

LAL, R. Soil management in the developing countries. **Soil Science**, v.165, p.57-72, 2000.

LANA, M.A. **Uso de culturas de cobertura no manejo de comunidades de plantas espontâneas como estratégia agroecológica para o redesenho de agroecossistemas.** Florianópolis, 2007. 82 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas.

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

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

MEDEIROS, R.M. Alelopatia: importância e suas aplicações. **HortiSul**, Pelotas: EMBRAPA/CNPFT, v. 1, n. 3, 1990.

MONEGAT, C. **Plantas de cobertura do solo: características e manejo em pequenas propriedades.** Chapeco, SC, 1991. 336 p.

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

MOYER, J.R.; ROMAN, E.S.; LINDWALL, C.W.; BLACKSHAW, R.E. Weed management in conservation tillage systems for wheat production in North and South America. **Crop Protection**, Surrey, v.13, n.4, p.243-259, 1994.

MUZILLI, O. "Princípios e perspectivas de expansão." **In:** Plantio Direto no Estado do Paraná. Londrina: A Fundação, 1981. 244p.

OHLAND, R.A.A. *et al.* Culturas de cobertura do solo e adubação nitrogenada no milho em plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 3, jun. 2005.

OVERLAND, L. The role of allelopathic substances in the .smothes crop.. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 53, p. 423-432, 1966.

PERIN, A.; GUERRA, J.G.M.; TEIXEIRA, M.G.; ZONTA, E. Cobertura do solo e estoque de nutrientes de duas leguminosas perenes, considerando espaçamentos e densidades de plantio. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, n. 1, fev. 2004.

PITELLI, R.; DURIGAN, J.C. Ecologia das plantas daninhas no sistema de plantio direto. In: ROSSELLO, R. D. **Siembra directa en el Cono Sur**, Montevideo: PROCISUR, 2001. p. 203-210.

REEVES, D.W. Cover crops and rotations. In: HATFIELD, J.L.; STEWART, B.A. Crops residue management. **Advances in Soil Science**. Florida: Lewis, 1994. p. 125-172.

REGO, P.G. Economia das rotações de culturas em plantio direto. **Revista Mensal Batavo**. Fundação ABC, ed.31, p.20-28, 1994.

ROCHA, J.M.; SIMAN, R.F. Agroecologia: um contraponto à produtividade insustentável da agricultura convencional. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

ROWE, E. **Avaliação de plantas de cobertura e da comunidade infestante em duas situações de cultivo**. 1997. 62f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina.

SCHICK, J.; BERTOL, I.; BATISTELA, O.; BALBINOT JUNIOR, A.A. Erosão hídrica em Cambissolo Húmico alumínico submetido a diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo: Perdas de solo e água. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, 24:427-436, 2000.

SCHENKEL, M.G.S.; COSTABEBER, J.A.; SILVEIRA, R; SCHENKEL, C.A. A formação e a conversão de grupos de agricultores agroecológicos no Alto Uruguai Catarinense e Gaúcho. Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, fev. 2007.

SCHULTZ, L.A. **Manual do plantio direto: técnicas e perspectivas**. Porto Alegre: Agropecuária, 1978. 83p.

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

SILVEIRA, P.M.; STONE, L.F. Sistemas de preparo do solo e rotação de culturas na produtividade de milho, soja e trigo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 2, 2003.

SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008. Florianópolis: Epagri/Cepa, 2008. 322p.

SKORA NETO, F. **Manejo de plantas daninhas**. In: IAPAR. Plantio direto. Pequena Propriedade Sustentável. IAPAR, Ponta Grossa, PR (Circular 101). p. 127-157. 1998.

SMYTH, T.J.; CRAVO, M.S.; MELGAR, R.J. Nitrogen supplied to corn by legumes in a Central Amazon Oxisol. **Tropical Agriculture**, London, v.68, n.4, p.366-372, 1991.

STEINMAUS, S.; ELMORE, C.L.; DONALDSON, D.; WEBER, E.A.; RONCORONI, J.A.; MILLER, P.R.M. Mulched cover crops as an alternative to conventional weed management systems in vineyards. **Weed Research**, v. 48, p. 273-281, 2008.

TEASDALE, J.R. et al. Weed Seedbank Dynamics in Three Organic Farming Crop Rotations. **Agronomy Journal**, v.96:1429-1435, set-out, 2004

TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p. (Boletim Técnico, 5).

TILMAN, D. The greening of the green revolution. **Nature** 396: (6708) 211-212, 1998.

VEIGA, J.E. **Desenvolvimento sustentável: o desafio do século XXI**. São Paulo: Gramond, 2005. 226p.

WÜRSCHÉ, W.; DENARDIN, L.E. Conservação e manejo dos solos - I. Planalto Rio-grandense. Considerações gerais. **Circular Técnica Nacional de Pesquisa do Trigo**, Passo Fundo, n.2, p.1-20, 1980.

ANEXOS

Anexo 1. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável fitomassa de plantas de cobertura e plantas espontâneas para cada tratamento em três épocas de amostragem (t de MS/ha), em experimentos realizados nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.

Estações	Épocas	média ± erro padrão				F	Pr>F
		I	Ce	Er	NF		
Chapecó	1 (50 dias)	0,46 ± 0,01	0,42 ± 0,02	0,46 ± 0,02	0,45 ± 0,03	2,40 ^{ns}	0,135
	2 (85 dias)	2,35 ± 0,25	2,19 ± 0,24	2,35 ± 0,09	2,20 ± 0,11	0,25 ^{ns}	0,859
	3 (119 dias)	5,92 ± 0,59	6,17 ± 0,57	7,19 ± 0,91	6,22 ± 0,19	1,05 ^{ns}	0,417
Campos Novos	1 (54 dias)	0,59 ± 0,10 b	0,59 ± 0,13 b	0,63 ± 0,09 ab	0,76 ± 0,10 a	5,08*	0,042
	2 (92 dias)	3,81 ± 0,16	3,57 ± 0,54	3,57 ± 0,22	3,92 ± 0,50	0,23 ^{ns}	0,897
	3 (119 dias)	7,88 ± 1,41	8,62 ± 1,06	8,23 ± 1,24	8,51 ± 0,37	0,14 ^{ns}	0,948
Ituporanga		II	ICe	IEr	INF		
	1 (56 dias)	4,90 ± 1,04	3,45 ± 0,33	3,96 ± 0,39	4,75 ± 0,60	2,65 ^{ns}	0,172
	2 (82 dias)	5,42 ± 0,32	5,32 ± 0,45	5,55 ± 0,13	5,63 ± 0,26	0,61 ^{ns}	0,698
	3 (110 dias)	8,53 ± 1,90	9,24 ± 2,27	8,95 ± 2,13	7,71 ± 1,27	2,11 ^{ns}	0,234

^{ns} Não significativo; * Significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,05$).

Anexo 2. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável porcentagem de cobertura do solo durante o ciclo das culturas de inverno para cada tratamento em três épocas de amostragem, nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.

Estações	Épocas	média ± erro padrão				F	Pr>F
		I	Ce	Er	NF		
Chapecó	1 (50 dias)	55,00 ± 5,40	48,75 ± 2,39	63,75 ± 2,39	58,75 ± 3,75	3,82 ^{ns}	0,051
	2 (85 dias)	70,00 ± 3,54	57,50 ± 2,50	75,00 ± 3,54	62,50 ± 5,20	3,78 ^{ns}	0,052
	3 (119 dias)	83,75 ± 2,39	82,50 ± 3,23	92,50 ± 1,44	82,50 ± 4,79	3,17 ^{ns}	0,077
Campos Novos	1 (54 dias)	73,75 ± 8,26	85,00 ± 4,08	93,75 ± 3,75	88,75 ± 1,25	1,91 ^{ns}	0,265
	2 (92 dias)	80,00 ± 5,40	83,75 ± 3,15	87,50 ± 3,23	88,75 ± 3,15	3,75 ^{ns}	0,081
	3 (119 dias)	93,75 ± 2,39	92,50 ± 4,33	98,75 ± 1,25	93,75 ± 3,75	1,26 ^{ns}	0,426
Ituporanga		II	ICe	IEr	INF		
	1 (56 dias)	83,75 ± 1,25	85,00 ± 2,89	81,25 ± 3,75	85,00 ± 2,89	0,55 ^{ns}	0,723
	2 (82 dias)	87,50 ± 4,33	90,00 ± 4,56	97,50 ± 2,50	96,25 ± 2,39	2,52 ^{ns}	0,181
	3 (110 dias)	96,25 ± 1,25	92,50 ± 1,44	93,75 ± 4,73	97,50 ± 1,44	0,59 ^{ns}	0,700

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,05$).

Anexo 3. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável fitomassa de plantas espontâneas durante o ciclo das culturas de verão para cada tratamento em três épocas de amostragem (t de MS/ha), em sistemas de mono e policultivo de milho e feijão nas Estações Experimentais da Epagri de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga.

Estações	Sistemas	Épocas	média ± erro padrão				F	Pr>F
			I	Ce	Er	NF		
Chapecó	Mono - Milho	1 (35 dias)	1,00 ± 0,20	1,03 ± 0,10	1,07 ± 0,15	0,88 ± 0,31	0,20 ^{ns}	0,892
		2 (103 dias)	7,83 ± 0,94	7,39 ± 1,02	7,92 ± 0,87	7,82 ± 0,33	0,10 ^{ns}	0,955
		3 (167 dias)	7,22 ± 1,20	7,58 ± 1,40	6,40 ± 0,79	8,67 ± 1,58	0,70 ^{ns}	0,572
	Mono - Feijão	1	0,85 ± 0,25	0,91 ± 0,19	0,53 ± 0,16	0,77 ± 0,12	3,28 ^{ns}	0,072
		2	9,46 ± 1,94	8,27 ± 1,36	8,10 ± 0,61	8,63 ± 1,15	0,18 ^{ns}	0,902
		3	8,10 ± 0,65	8,08 ± 1,98	8,00 ± 1,34	8,36 ± 0,90	0,02 ^{ns}	0,997
	Policultivo	1	0,81 ± 0,11	0,74 ± 0,16	0,79 ± 0,18	0,82 ± 0,09	0,08 ^{ns}	0,967
		2	7,25 ± 0,81	6,07 ± 0,54	8,25 ± 0,96	6,92 ± 1,37	0,72 ^{ns}	0,561
		3	9,40 ± 2,04	7,64 ± 1,53	8,15 ± 1,42	6,35 ± 1,55	0,66 ^{ns}	0,596
Campos Novos	Mono - Milho	1 (38 dias)	1,73 ± 0,59	1,48 ± 0,14	1,35 ± 0,03	2,54 ± 0,53	1,66 ^{ns}	0,338
		2 (104 dias)	4,58 ± 0,17	4,40 ± 0,69	6,32 ± 0,96	4,90 ± 0,43	2,09 ^{ns}	0,239
		3 (166 dias)	6,21 ± 1,22	3,88 ± 0,55	4,84 ± 1,95	4,05 ± 0,67	1,13 ^{ns}	0,471
	Mono - Feijão	1	1,42 ± 0,32	1,25 ± 0,27	0,98 ± 0,17	1,47 ± 0,19	1,19 ^{ns}	0,46
		2	5,06 ± 0,55	4,54 ± 0,68	4,64 ± 0,56	4,78 ± 0,21	0,19 ^{ns}	0,919
		3	5,83 ± 0,42	4,62 ± 0,41	7,82 ± 1,20	4,95 ± 0,12	4,20 ^{ns}	0,061
	Policultivo	1	1,51 ± 0,37	2,29 ± 0,05	2,26 ± 0,33	1,70 ± 0,22	1,28 ^{ns}	0,421
		2	4,35 ± 0,97	4,29 ± 0,32	3,23 ± 0,76	3,23 ± 0,77	1,14 ^{ns}	0,469
		3	4,46 ± 0,53	4,57 ± 0,65	3,50 ± 0,79	5,09 ± 0,79	1,72 ^{ns}	0,319
Ituporanga	Mono - Milho	1 (36 dias)	0,72 ± 0,18	1,26 ± 0,11	1,23 ± 0,46	1,40 ± 0,15	3,49 ^{ns}	0,098
		2 (100 dias)	0,39 ± 0,08	0,68 ± 0,22	0,68 ± 0,32	1,03 ± 0,62	0,61 ^{ns}	0,698
		3 (168 dias)	0,64 ± 0,32	0,73 ± 0,45	0,74 ± 0,48	0,74 ± 0,54	0,18 ^{ns}	0,925
	Mono - Feijão	1	1,03 ± 0,10	0,69 ± 0,20	0,86 ± 0,13	1,36 ± 0,30	1,34 ^{ns}	0,398
		2	1,29 ± 0,62	0,57 ± 0,21	0,99 ± 0,19	1,39 ± 0,86	0,46 ^{ns}	0,767
		3	3,01 ± 0,83	2,66 ± 0,31	2,64 ± 0,53	3,60 ± 1,09	0,43 ^{ns}	0,783
	Policultivo	1	0,80 ± 0,06	0,85 ± 0,11	0,84 ± 0,08	1,39 ± 0,33	2,17 ^{ns}	0,211
		2	1,51 ± 0,74	1,37 ± 0,76	0,94 ± 0,20	1,88 ± 1,48	0,22 ^{ns}	0,910
		3	1,18 ± 0,38	0,72 ± 0,12	1,57 ± 0,49	1,29 ± 0,46	1,52 ^{ns}	0,353

^{ns} Não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer ($p \leq 0,05$).

Anexo 4. Estimativas de alguns parâmetros estatísticos para a variável rendimento da cultura de verão – milho em mono e policultivo (t/ha), em experimento realizado na Estação Experimental da Epagri de Ituporanga.

Estação	Sistemas	média ± erro padrão				F	Pr>F
		II	ICe	IEr	INF		
Ituporanga	Monocultivo	6,70 ± 0,71	6,65 ± 0,58	6,34 ± 0,66	5,95 ± 0,39	0,39 ^{ns}	0,811
	Policultivo	4,42 ± 0,51 ab	5,26 ± 0,41 a	3,37 ± 0,29 b	3,58 ± 0,19 b	10,36 ^{**}	0,003

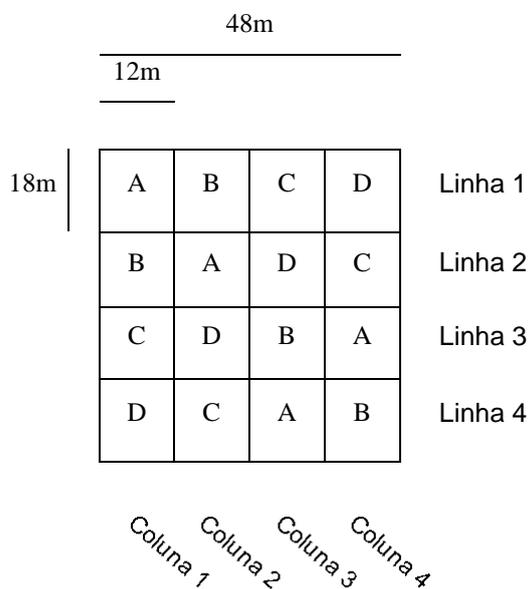
^{ns} Não significativo; ^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste DMS – Fischer (p≤0,01).

Anexo 5. Laudo de análise de solos das áreas experimentais de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga, antes da implantação das culturas comerciais.

	Chapecó	Campos Novos	Ituporanga	
% Argila (m/v)	60	67	27	
pH - Água (01:01)	5,9	6,1	5,8	
Índice SMP	5,9	6,0	5,9	
P (mg/dm ³)	13,9	11,0	55,0	
K (mg/dm ³)	152	346	315	
% M.O. (m/v)	3,2	4,2	3,3	
Al (cmolc/dm ³)	0,0	0,0	0,0	
Ca (cmolc/dm ³)	6,6	8,7	7,2	
Mg (cmolc/dm ³)	3,9	3,2	1,9	
H + Al (cmolc/dm ³)	4,9	4,4	4,9	
CTC (cmolc/dm ³)	15,8	17,1	14,8	
% Saturação CTC	(Bases)	69,01	74,57	66,95
	(Al)	0,00	0,00	0,00
	(Ca/Mg)	1,69	2,72	3,79
Relações	(Ca/K)	16,98	9,83	8,94
	(Mg/K)	10,03	3,62	2,36

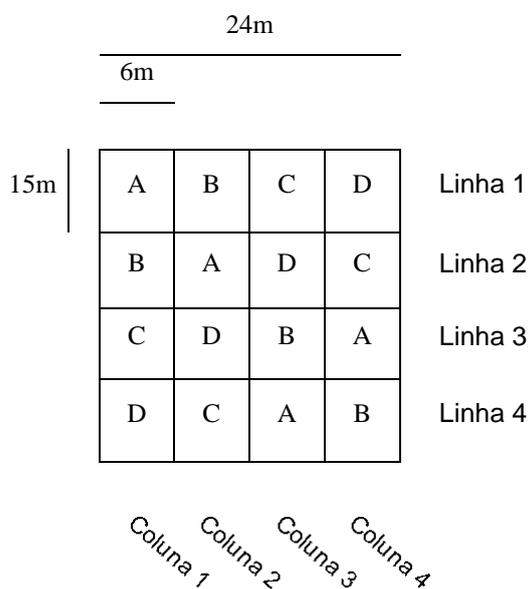
¹ Análises realizadas pelo laboratório de análise de solos da Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina.

Anexo 6. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Campos Novos

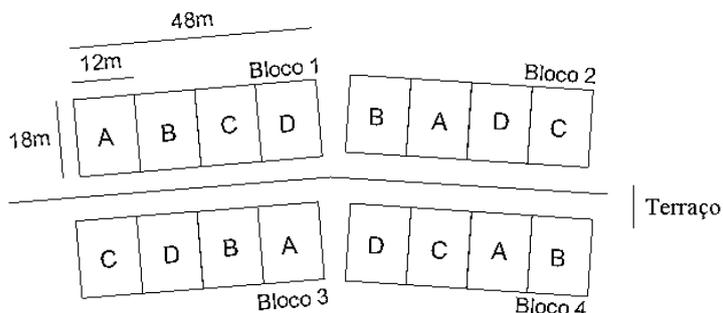


- A. Proporções iguais;
- B. Predominância de centeio;
- C. Predominância de ervilhaca;
- D. Predominância de nabo.

Anexo 7. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Ituporanga

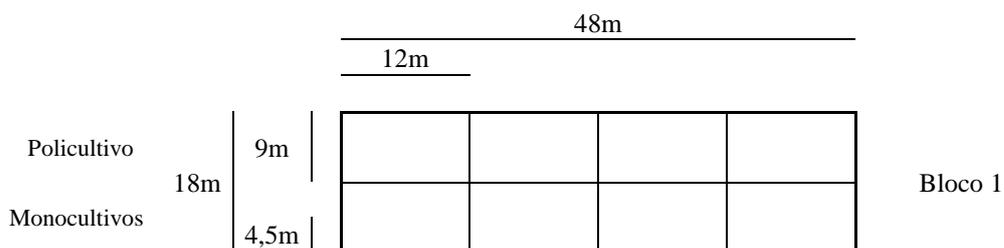


Anexo 8. Croqui do Experimento para implantação das culturas de cobertura no inverno na Estação Experimental de Chapecó

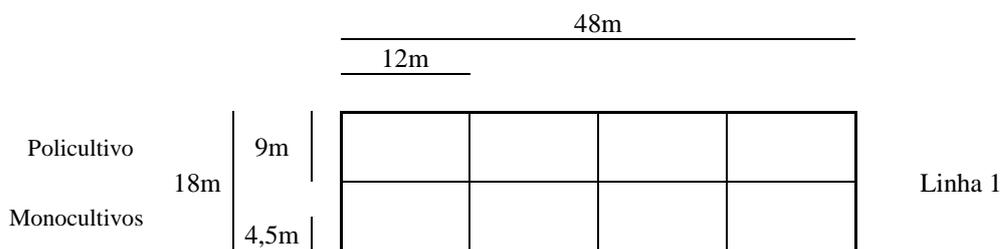


Anexo 9. Esquemas simplificados para implantação das culturas econômicas nas Estações Experimentais de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga

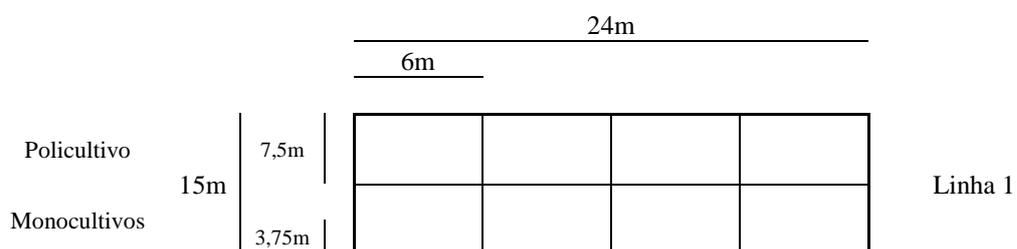
Chapecó



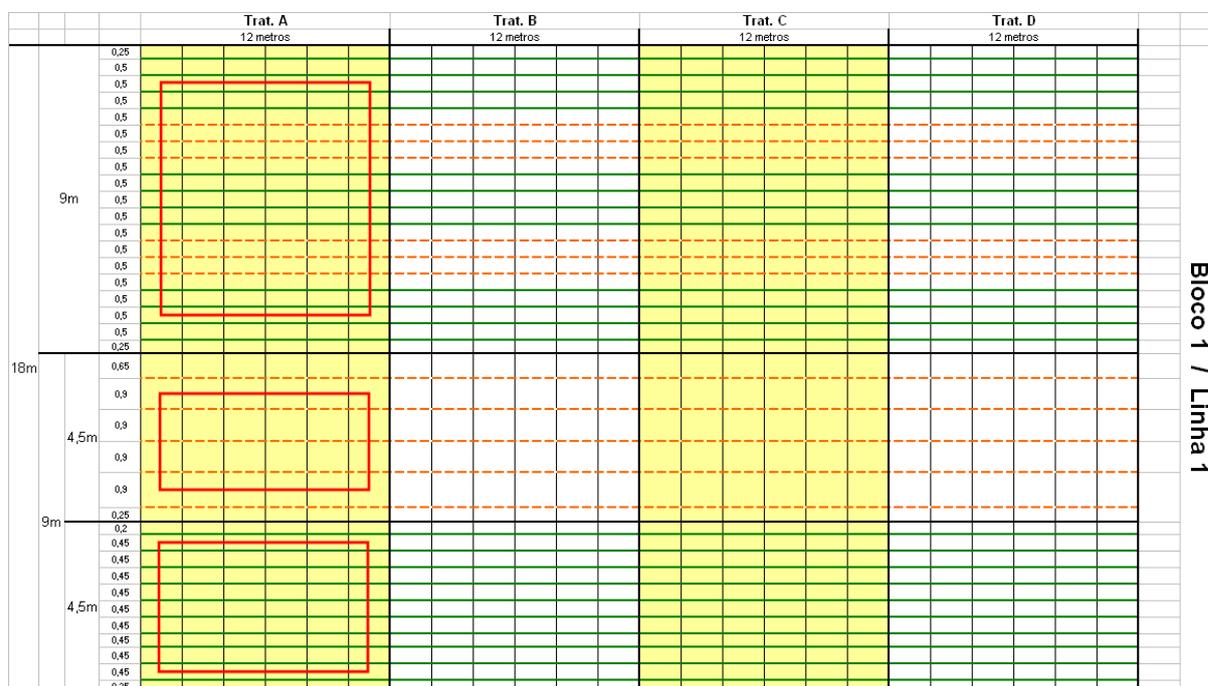
Campos Novos



Ituporanga

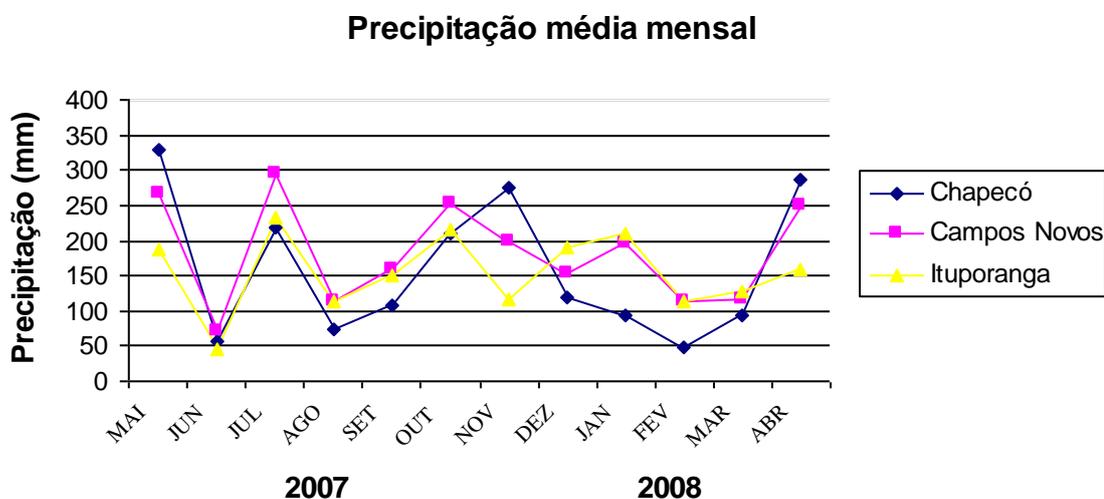


Anexo 10. Esquema detalhado para implantação das culturas econômicas nas Estações Experimentais, com delimitação de área total e área útil de colheita, em cada subparcela, para a estimativa do rendimento de grãos

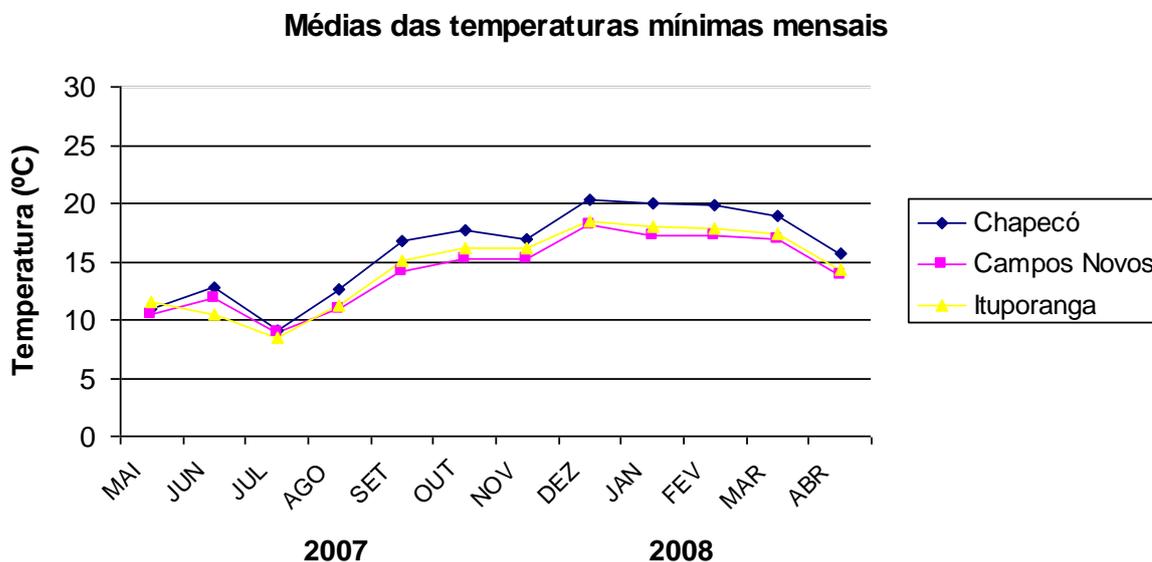


- ¹ Medidas correspondentes aos experimentos instalados nas Estações de Chapecó e Campos Novos.
- ² Linhas pontilhadas correspondem às linhas de milho; linhas contínuas correspondem às linhas de feijão.
- ³ O quadrado no centro de cada subparcela representa a área útil de colheita.

Anexo 11. Distribuição da precipitação média mensal entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).



Anexo 12. Médias das temperaturas mínimas mensais entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).



Anexo 13. Médias das temperaturas máximas mensais entre maio de 2007 e abril de 2008 nos municípios de Chapecó, Campos Novos e Ituporanga (SÍNTESE ANUAL DA AGRICULTURA DE SANTA CATARINA 2007-2008).

