**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes
adubos verdes**

Ana Clarissa Alves Negrini

**Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
Concentração: Fitotecnia**

**Piracicaba
2007**

**Ana Clarissa Alves Negrini
Engenheiro Agrônomo**

**Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos
verdes**

Orientador: Prof. Dr. PAULO CÉSAR TAVARES DE MELO

Dissertação apresentada para obtenção do
título de Mestre em Agronomia. Área de
Concentração: Fitotecnia

**Piracicaba
2007**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Negrini, Ana Clarissa Alves

Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes / Ana Clarissa Alves Negrini. - - Piracicaba, 2007.
113 p. : il.

Dissertação (Mestrado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2007.
Bibliografia.

1. Adubo verde 2. Alface 3. Aveia forrageira 4. Consorciação de culturas 5. Caupi
6. Ecologia agrícola 7. Tremoço I. Título

CDD 635.52

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

AGRADECIMENTOS

- À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo pela minha formação.
- Ao meu orientador, Prof. Dr. Paulo César Tavares de Melo, pela confiança, orientação, pelo apoio e dedicação.
- Ao Dr. Edmilson José Ambrosano do Pólo Regional Centro-Sul da APTA, pelo apoio, dedicação e por tornar possível a realização deste trabalho.
- Ao Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Centro Sul (APTA Regional), pelas condições fornecidas para a pesquisa.
- Aos Eng. Agrônomos Rogério Haruo Sakai e Fabrício Rossi e pela contribuição na condução do experimento.
- À Dra. Eliana Aparecida Schammas (Instituto de Zootecnia – IZ – APTA) e à Dra. Gláucia Maria Bovi Ambrosano (Faculdade de Odontologia de Piracicaba – FOP – UNICAMP) pelas orientações nas análises estatísticas.
- Aos funcionários do Pólo Centro Sul e aos funcionários da ESALQ que contribuíram para a condução do experimento.
- Aos estagiários Sergio Pompermaier, Luiz Felipe Paes de Almeida, Eduardo Paca Luna e José Rafael Pires Bueno que contribuíram na condução do experimento no campo.
- A Agustín Zsögön pelas ajudas e correções de inglês.
- A Fernando César Sala e Professor Cyro Paulino da Costa pelo fornecimento das sementes de alface cv. PiraRoxa.
- Ao Grupo de Agricultura Orgânica Amaranthus que instigou a vontade em aprender e pesquisar.
- Aos meus familiares e demais amigos que sempre estão dispostos a me apoiar e ajudar.
- A CAPES pelo apoio financeiro.

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	11
1 INTRODUÇÃO	13
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1 O desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis	15
2.2 Práticas agrícolas sustentáveis - Cultivo em Consórcios.....	19
2.2.1 Interações em sistemas consorciados	23
2.2.1.1 Competição em consórcios.....	25
2.2.1.2 Influência da época de estabelecimento do consórcio no desempenho das culturas consorciadas.....	28
2.2.1.1.1 Competição por água	29
2.2.1.1.2 Competição por luz	29
2.2.1.1.3 Competição por nutrientes	31
2.3 Adubação verde	32
2.3.1 Adubação verde consorciada	36
2.3.1.1 Utilização da poda dos adubos verdes como cobertura morta (“mulching”) ..	37
2.3.1.2 Adubação verde na forma de cobertura viva	38
2.3.1.3 Poda de adubos verdes em sistemas consorciados	40
2.4 Espécies envolvidas nos sistemas consorciados	41
2.4.1 Aveia-preta (<i>Avena strigosa</i> Schreb.).....	41
2.4.2 Caupi [<i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp.]	42
2.4.3 Tremoço-branco (<i>Lupinus albus</i> L.)	45
2.4.4 Alface (<i>Lactuca sativa</i> L.)	46
3 MATERIAL E MÉTODOS	48
3.1 Caracterização da área experimental	48
3.1.1 Localização	48
3.1.2 Solo	48

3.1.3 Clima	49
3.2 Tratamentos	49
3.3 Condução do experimento	51
3.3.1 Implantação	51
3.3.2 Poda dos adubos verdes	53
3.3.3 Tratos culturais e colheita	53
3.4 Parâmetros avaliados	55
3.4.1 Parâmetros avaliados para os adubos verdes	55
3.4.1.1 Peso fresco de adubos verdes	55
3.4.1.2 Peso seco de adubos verdes	55
3.4.2 Parâmetros avaliados para plantas de alface	55
3.4.2.1 Peso fresco de cabeça	55
3.4.2.2 Peso seco de cabeça	55
3.4.2.3 Número de folhas	56
3.4.2.4 Altura da parte aérea	56
3.4.2.5 Diâmetro da parte aérea	56
3.4.2.6 Peso fresco de raiz	56
3.4.2.7 Peso seco de raiz	56
3.4.2.8 Comprimento de raiz	56
3.4.2.9 Comprimento do pendão floral de plantas de alface	57
3.5 Delineamento experimental e análise estatística	57
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
4.1 Peso fresco de adubos verdes	58
4.2 Peso seco de adubos verdes	60
4.3 Peso fresco de cabeça de alface	63
4.3.1 Primeira colheita	63
4.3.2 Segunda colheita	67
4.4 Peso seco de cabeça de alface	68
4.4.1 Primeira colheita	68
4.4.2 Segunda colheita	71
4.5 Número de folhas em plantas de alface	72

4.5.1 Primeira colheita	72
4.5.2 Segunda colheita	75
4.6 Altura de plantas de alface	77
4.6.1 Primeira colheita	77
4.6.2 Segunda colheita	78
4.7 Diâmetro de cabeças de alface	81
4.7.1 Primeira colheita	81
4.7.2 Segunda colheita	83
4.8 Peso fresco de raiz de alface	85
4.8.1 Primeira colheita	85
4.8.2 Segunda colheita	87
4.9 Peso seco de raiz de alface	88
4.9.1 Primeira colheita	88
4.9.2 Segunda colheita	89
4.10 Comprimento de raiz de alface	90
4.11 Comprimento do pendão floral de plantas de alface	92
4.12 Considerações finais	94
5 CONCLUSÕES	97
REFERÊNCIAS	98

RESUMO

Desempenho de alface (*Lactuca sativa* L.) consorciada com diferentes adubos verdes

Os sistemas de produção agrícola atuais são em sua maioria ecologicamente impactantes e utilizam altas quantidades de recursos naturais. Nesse contexto, a produção de hortaliças é uma atividade que se caracteriza pelo uso intensivo da terra com alta demanda por insumos e requer a adoção de estratégias de manejo com enfoque agroecológico de modo a sustentar sua produção. Dessa maneira, tendo em vista a crise ambiental na qual o planeta se insere, há a necessidade de se buscar formas sustentáveis de produção. Com o intuito de se avaliar a viabilidade de se aliar duas práticas utilizadas em sistemas de produção sustentáveis, o presente trabalho teve como objetivo estudar o efeito da consorciação de adubos verdes com alface quanto ao seu desempenho agrônomo. Foi utilizado delineamento experimental de blocos ao acaso, com parcelas subdivididas, e seis repetições. Os tratamentos consistiram de alface consorciada em linha e em sistema de adição com os adubos verdes aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.), caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] e tremoço-branco (*Lupinus albus* L.). Os adubos verdes foram semeados em 4 épocas distintas anteriormente ao transplante da hortaliça, sendo que estas épocas foram 60, 40, 20 e 0 dias. Os parâmetros avaliados para o desempenho de alface foram peso fresco de cabeça, peso seco de cabeça, diâmetro de cabeça, altura de cabeça, número de folhas por cabeça, peso fresco de raiz, peso seco de raiz, comprimento de raiz e altura do pendão floral. Foram também avaliados peso fresco e peso seco dos adubos verdes. Concluiu-se que a alface não-consorciada exibiu desempenho superior para a maioria dos parâmetros avaliados. As espécies adubos verdes, bem como sua época de semeadura em relação ao estabelecimento do consórcio influenciaram de maneiras diferentes o desempenho da hortaliça. Dentre os adubos verdes, o tremoço-branco resultou em melhor desempenho da alface consorciada em comparação com o caupi. O plantio simultâneo da alface e dos adubos verdes resultou nos melhores desempenhos da hortaliça, e a semeadura dos adubos verdes com 40 dias de antecedência do transplante da alface resultou em desempenhos inferiores para a maioria dos parâmetros.

Palavras-chave: *Avena strigosa* Schreb.; *Lupinus albus* L.; *Vigna unguiculata* L.; Práticas agroecológicas

ABSTRACT

Performance of lettuce (*Lactuca sativa* L.) intercropped with different green manures

The agricultural production systems currently used are in most cases ecologically impacting and use high amounts of natural resources. Within this context, vegetable production is an activity characterized by intensive land use and high demand for farm inputs, requiring the adoption of an agroecological management approach for sustaining its production. Thus, with the environmental crisis which the planet is in, it is necessary to search for healthy agriculture methods. With the purpose of evaluating the viability of joining two sustainable agriculture practices, the present work aimed at studying the effect of intercropping green manures with lettuce in its performance. A randomized complete blocks design, with six replicates was used. Treatments consisted of lettuce intercropped in rows in additive design with the green manures black oat (*Avena strigosa* Schreb.), cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] and white lupin (*Lupinus albus* L.). Intercropping was established in four different green manure sowing dates (60, 40, 20 and 0) prior to lettuce transplanting. Measurements in lettuce included fresh weight, dry weight, number of leaves, diameter of head, length of head, root fresh weight, root dry weight, root length and length of bolting plants. Measurements in green manures included fresh and dry weight. The monocropped lettuces had a better performance than the intercropped ones in most evaluated parameters. Green manure species and sowing date prior to lettuce transplant had different effects on the vegetable performance. Among the green manures, white lupin resulted in a better intercropped lettuce performance compared to cowpea. The simultaneous lettuce and green manures planting resulted in a better vegetable performance. When the green manures were sowed 40 days before lettuce transplanting the vegetable had its worst performance for most evaluated parameters.

Keywords: *Avena strigosa* Schreb.; *Lupinus albus* L.; *Vigna unguiculata* L.; Agroecological practices

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	Tratamentos realizados no experimento	50
Figura 2 -	Adubos verdes com aproximadamente 20 dias de semeadura, semeados em linha para posterior consorciação com alface em esquema aditivo. (A) tremoço-branco; (B) caupi e (C) aveia-preta	51
Figura 3 -	Esquema de consorciação entre a cultura principal (alface) e adubos verdes nas parcelas	52
Figura 4 -	Mudas de alface intercaladas com adubos verdes. (A) tremoço-branco semeado simultaneamente com alface próxima da época de colheita; (B) caupi e alface com semeadura e plantio simultâneos	52
Figura 4 -	Mudas de alface intercaladas com adubos verdes. (C) aveia-preta semeada 20 dias antes do transplante de alface	53
Figura 5 -	Cobertura morta ("mulching") feita com material podado dos adubos verdes consorciados com alface. (A) cobertura morta de caupi com 60 dias de semeadura proveniente do material podado antes do transplante das mudas de alface; (B) cobertura morta de aveia-preta podada antes do transplante de alface, proveniente do tratamento de 60 dias de semeadura (C) cobertura morta de tremoço-branco proveniente do tratamento de 40 dias	54
Figura 6 -	Produção de biomassa fresca de adubos verdes em função de suas épocas de semeadura em relação ao estabelecimento do consórcio	59
Figura 7 -	Peso fresco de aveia-preta em função das épocas de semeadura em relação ao transplante da alface	60
Figura 8 -	Produção de massa seca de adubos verdes em função de suas épocas de semeadura em relação ao plantio de alface para os diferentes consórcios	61
Figura 9 -	Peso seco de aveia-preta nas diferentes épocas de semeadura em relação ao transplante de alface	62
Figura 10 -	Peso fresco de cabeças de alface solteira e nos diferentes consórcios, na primeira colheita (49 dias após o transplante)	64
Figura 11 -	Peso fresco de cabeças de alfaces consorciadas com aveia-preta semeada em diferentes épocas (primeira colheita)	66

Figura 12 - Peso fresco de alface em monocultivo e consórcio com adubos verdes na segunda colheita (63 dias)	68
Figura 13 - Peso seco de cabeças de alface na colheita 1 (49 dias após o transplante) colheita 2 (63 dias após o transplante)	69
Figura 14 - Peso seco de cabeças de alface consorciada com caupi nas diferentes épocas de estabelecimento do consórcio	71
Figura 15 - Número de folhas de alface consorciadas com aveia-preta e caupi em função da época de estabelecimento do consórcio	74
Figura 16 - Altura de plantas de alface consorciadas com aveia-preta semeada em diferentes épocas	78
Figura 17 - Altura de plantas de alface na segunda colheita	79
Figura 18 - Diâmetro de cabeças de alface consorciadas com caupi em função das diferentes épocas de semeadura em relação ao estabelecimento do consórcio	83
Figura 19 - Diâmetro de cabeças de alface solteira e consorciada com diferentes adubos verdes em diferentes épocas de estabelecimento, na segunda colheita	84
Figura 20 - Peso fresco de raízes de alface em monocultivo e consorciada com adubos verde na colheita 1 (49 dias) e colheita 2 (63 dias)	86
Figura 21 - Peso fresco de raiz de alface consorciada com caupi nas diferentes épocas de semeadura do adubo verde	86
Figura 22 - Peso seco de raízes de alface em monocultivo e consorciada com adubos verde na primeira e segunda colheitas	88
Figura 23 - Peso seco de raiz de alface em função da época de semeadura na primeira e segunda colheitas	89
Figura 24 - Comprimento do pendão floral de alface solteira e consorciada com adubos verdes nas diferentes épocas de estabelecimento do consórcio	93
Figura 25 - Comprimento do pendão floral de alface em função da época de semeadura de aveia-preta	93

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Características do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm.	48
Tabela 2 -	Dados climáticos referente ao período de julho a dezembro de 2005 em Piracicaba, SP.	49
Tabela 3 -	Tratamentos utilizados no experimento	50
Tabela 4 -	Número médio de podas realizadas nos adubos verdes em cada tratamento para evitar a competição por luz durante a condução da cultura de alface consorciada.	58
Tabela 5 -	Peso fresco dos adubos verdes aveia-preta, tremoço-branco e caupi por parcela	59
Tabela 6 -	Peso seco de adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) por parcela.	61
Tabela 7 -	Peso fresco de cabeças de alface em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita	63
Tabela 8 -	Peso seco de cabeças de alface em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita	69
Tabela 9 -	Número de folhas em cabeças de alface quando em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita	73
Tabela 10 -	Número de folhas em cabeças de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na segunda colheita	75
Tabela 11 -	Altura de plantas de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)..	77
Tabela 12 -	Diâmetro de cabeças de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)..	82
Tabela 13 -	Comprimento de raízes de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita	91

Tabela 14 - Comprimento de raízes de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na segunda colheita	91
Tabela 15 - Comprimento do pendão floral em alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)	92

1 INTRODUÇÃO

Devido à degradação dos recursos naturais, torna-se inadiável o investimento em pesquisa e incentivos ao desenvolvimento de modelos de produção sustentável.

A olericultura é uma atividade agrícola que demanda manejo intensivo da área, com grande consumo de insumos e recursos naturais (FILGUEIRA, 2000; RESENDE et al., 2006). No entanto, existem alternativas para se diminuir e otimizar a utilização desses recursos, como propõe a agricultura de base agroecológica, que prega que o ideal é se diminuir a entrada de insumos dentro da unidade de produção a fim de se reduzir gastos energéticos e aumentar a auto-suficiência do sistema. Dessa maneira, na busca por uma agricultura com enfoque agroecológico, como é proposto por Gliessman (2005), onde princípios de ecologia são aplicados ao manejo e desenho de agroecossistemas, a simples substituição de insumos que agredem o ambiente por outros menos agressivos, gera aumento dos custos de produção e ainda não reduz a vulnerabilidade fundamental das monoculturas¹ (ALTIERI, 2002).

Como forma de o incremento e manutenção da fertilidade nos sistemas de produção alternativos, normalmente se utiliza como fontes de nutrientes compostos orgânicos, esterco curtido, urina, farinhas de chifre, de sangue, de ossos, de penas, tortas, vinhaça, adubos verdes, pós de rochas, calcários, cinzas, algas, micronutrientes etc. Neste caso, a vantagem da adubação verde é que além de ser uma excelente alternativa para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, ainda poder ser produzida dentro da propriedade, o que diminui a dependência de recursos externos e o conseqüente gasto energético.

Uma prática bastante adotada na agricultura, principalmente na tropical, e que está inserida dentro das técnicas de manejo abrangidas pela agricultura de base ecológica, é a adoção dos chamados policultivos (FRANCIS, 1986; VANDERMEER, 1990). Resultados de pesquisa revelam a existência de inúmeros benefícios

¹ As monoculturas permitem o uso mais eficiente da maquinária agrícola e podem criar economia de escala em relação à compra de sementes, fertilizantes e agrotóxicos. Esse tipo de cultivo é uma excrecência natural de uma abordagem industrial da agricultura, em que os insumos de mão-de-obra são minimizados e os insumos baseados em tecnologia são maximizados com vistas a aumentar a eficiência produtiva. Vastos cultivos da mesma planta são mais suscetíveis a ataques devastadores de pragas específicas e requerem proteção química (Gliessman, 2005).

relacionados ao cultivo consorciado, tanto para oleráceas quanto para outras culturas, podendo ocorrer melhor controle de pragas, melhor aproveitamento de recursos naturais e, em alguns casos, aumento de produção e de lucros (CECÍLIO FILHO e MAY, 2002; HORWITH, 1985; SALGADO et al., 2006; SANTOS et al., 2002; SCHADER et al., 2005; SUDO et al., 1997; VANDERMEER, 1990; ZÁRATE et al., 2005). No entanto, de acordo com Trenbath (1976), a escolha criteriosa das culturas envolvidas e da época de suas respectivas implantações são de fundamental importância para que se possa propiciar uma exploração máxima das vantagens desse sistema de cultivo.

Nesse contexto, a adubação verde consorciada com uma hortaliça poderia viabilizar a sustentabilidade da produção agroecológica através de uma considerável redução do aporte de insumos externos. No entanto, a informação a respeito desse sistema de cultivo para hortaliças ainda é escassa. Dessa maneira, esse trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da consorciação de três espécies de adubos verdes (aveia-preta, caupi e tremoço-branco) com alface, em quatro épocas de estabelecimento, no desempenho agrônômico dessa olerácea.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 O desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis.

A palavra sustentável é derivada do latim *sustinere* e significa manter existindo e implicando permanência ou suporte de longo prazo (RIGBY; CÁCERES, 2001). Para Conway (1985), sustentabilidade seria a capacidade de um ecossistema em manter sua produção ao longo do tempo, apesar das restrições ecológicas e socioeconômicas em longo prazo.

Aplicando o termo na agricultura, sustentável significaria capacidade de manter a produtividade e utilidade para a sociedade indefinidamente. Ehlers (1996) cita ainda a necessidade de manutenção dos recursos naturais, o mínimo impacto ambiental, o retorno adequado aos produtores, a otimização da produção com um mínimo de insumos externos e o atendimento das necessidades sociais das famílias e das comunidades rurais. Reijntjes et al. (1994), de maneira resumida, define que a agricultura é sustentável quando é ecologicamente correta, economicamente viável, socialmente justa e adaptável às condições das comunidades locais.

Para Ikerd (1990), os sistemas sustentáveis devem ser conservadores de recursos, sócios economicamente justos, comercialmente competitivos e ambientalmente saudáveis. No entanto, a agricultura industrial, da maneira que vem sendo praticada, não é sustentável uma vez que depende de fontes energéticas não renováveis e finitas e devido ao fato que ignora os processos ecológicos dos agroecossistemas, o que a leva a caminhos opostos dos preestabelecidos pela sustentabilidade. A mudança de complexos sistemas agrícolas para sistemas menos complexos com menor número de espécies foi a principal característica do desenvolvimento agrícola do século XX (CREWS; PEOPLES, 2004). Assim, os agroecossistemas modernos são comprovadamente frágeis do ponto de vista de equilíbrio ecológico (ALTIERI, 2002), uma vez que se fundamentam na revolução verde, o que leva a uma simplificação e artificialização extrema do ecossistema através da generalização da prática da monocultura como manejo básico (IAMAMOTO, 2005). O objetivo dessa simplificação é a produção apenas das plantas de interesse para os

seres humanos e suas criações animais, com base no pacote tecnológico imposto pela revolução verde². Dessa maneira, em comparação aos ecossistemas naturais, a composição e estrutura dos agroecossistemas é simples, pois, sua biomassa vegetal apresenta uma única espécie. Como exemplo a que ponto chega a simplificação da diversidade de plantas cultivadas e até da homogeneização dos padrões alimentares, basta lembrar que somente onze espécies de plantas respondem por cerca de 80% da alimentação mundial (ALTIERI, 2002). Essa quantidade de espécies é extremamente modesta se comparado à riqueza da biodiversidade mundial.

Nesse modelo de agricultura industrial, ignora-se a capacidade de auto-manutenção e auto-regulação dos agroecossistemas, que em ambientes equilibrados, são feitos naturalmente pela ciclagem de nutrientes, fixação biológica de nitrogênio, controle biológico, produção de compostos secundários, e inúmeras outras relações ecológicas. Assim, estas capacidades naturais são substituídas pela compra do pacote tecnológico de insumos interdependentes dos quais fazem parte entre outros, a adubação química sintética e o uso de agrotóxicos (IAMAMOTO, 2005).

Outra característica da agricultura industrial é o uso intensivo de energia externa, proveniente de fontes não renováveis, o que não pode ser considerado sustentável por não poder se manter estável para as gerações futuras. A agricultura moderna, como relata Gliessman (2005), tem utilizado quantidades cada vez maiores de energia para aumentar seu rendimento, sendo que a maior parte desse aporte energético é proveniente (direta ou indiretamente) de fontes não renováveis de energia como os combustíveis fósseis, sendo que em certas culturas chega-se a investir mais energia do que se retira como produto.

Essas práticas não sustentáveis e dependentes de insumos externos transformam o meio rural em indústrias de alimentos, nas quais as plantas assumem o papel de fábricas em miniatura, onde sua produção é maximizada pelo aporte de insumos apropriados, sua eficiência produtiva é aumentada pela manipulação dos seus

² De acordo com Bonilla (1992), o pacote tecnológico no qual se baseia a Revolução Verde é sustentado por seis práticas básicas: o cultivo intensivo do solo, adoção de monocultura, irrigação, aplicação de fertilizantes sintéticos altamente solúveis, controle químico de pragas, doenças e plantas espontâneas, e manipulação genética das plantas cultivadas, sendo que de acordo com Gliessman (2005), essa é a espinha dorsal da agricultura tida como moderna.

genes, e o solo, simplesmente, é o meio no qual suas raízes ficam ancoradas (GLIESSMAN, 2005).

Nesse contexto, a busca atual por uma agricultura sustentável, de acordo com Altieri (1995), é uma resposta relativamente recente ao declínio de qualidade dos recursos naturais ou da base produtiva associada à agricultura moderna. Essa procura por sistemas agrícolas auto-suficientes e diversificados, de baixa utilização de insumos e com utilização eficiente de energia tem sido motivo de preocupação de pesquisadores, agricultores e políticos em todo mundo. Tal agricultura sustentável refere-se à busca por rendimentos duráveis, em longo prazo, através do uso de tecnologias de manejo ecologicamente adequadas (ALTIERI, 2002).

A demanda por alimentos ambientalmente corretos, “verdes” ou livres de produtos químicos tem também contribuído para o aumento da área cultivada com práticas agroecológicas, principalmente pela chamada agricultura orgânica (RIGBY e CÁCERES, 2001). De acordo com o mesmo autor, muitos agricultores também têm sido atraídos por modos de produção alternativos devido a preocupações ambientais, potenciais impactos na saúde causados pelo uso de agroquímicos e por vantagens econômicas em relação à produção convencional (RIGBY e CÁCERES, 2001).

De acordo com Altieri (1995), um sistema de produção sustentável deveria reduzir o uso de energia e de recursos e controlar o uso de energia em geral, de maneira que a relação produtos/insumos seja elevada; reduzir perdas de nutrientes, controlando-se eficazmente a lixiviação, o escoamento superficial e a erosão, bem como aumentando a ciclagem de nutrientes com o uso de leguminosas e outros adubos verdes, composto e esterco orgânicos e outros mecanismos de reciclagem; estimular a produção local de alimentos adaptados ao contexto natural e socioeconômico; manter a produção líquida desejada, conservando os recursos naturais; e reduzir os custos e aumentar a eficiência e a viabilidade econômica das pequenas e médias propriedades, promovendo sistemas agrícolas diversificados e potencialmente resilientes. Dessa maneira, os componentes básicos dos agroecossistemas sustentáveis incluem a cobertura vegetal como medida eficiente de conservação do solo e da água, proporcionada através do uso de práticas de plantio direto, cobertura morta, cultivos de cobertura e outras; utilização regular de matéria orgânica através de materiais como

esterco, e o composto e da promoção da atividade biológica do solo; utilização de mecanismos de reciclagem de nutrientes, através do uso de rotação de culturas, de sistemas integrados (vegetais/animais) com o uso de leguminosas, etc; controle biológico através da introdução e conservação de inimigos naturais (ALTIERI; ROSSET, 1995) e restauração da diversidade da paisagem agrícola. (ALTIERI, 2002).

Dentre alternativas para o modelo convencional de produção, que estão inseridos no contexto agroecológico, destacam-se a Agricultura Orgânica (PASCHOAL, 1994; SCOFIELD, 1986), Agricultura Biológica (AUBERT, 1973), Agricultura Biodinâmica (KÖEPF et al., 1983; STEINER, 2000), Agricultura Natural (FUKUOKA, 1995), Agricultura Agroecológica e a Permacultura (MOLLISON, 2003). Tais tipos de agricultura têm em comum a busca pela produção ecológica, sustentável e regenerativa (GUZMÁN-CASADO et al., 2000; PASCHOAL, 1994).

Entretanto, apesar das agriculturas chamadas alternativas estarem inseridas dentro de um contexto de produção sustentável e agroecológico e, na grande maioria dos casos, serem menos impactantes do que a agricultura convencional há a necessidade de mudança de certos paradigmas, pois, em muitos sistemas produtivos, o principal enfoque é baseado na substituição de agroquímicos nocivos por menos nocivos (RIGBY; CÁCERES, 2001). Muitos problemas são criados a partir desse enfoque substitucionista³, pois ele se baseia no nível mais superficial de integração no agroecossistema, negando as informações oferecidas pelas ciências ecológicas sobre a importância dos níveis mais altos de interação, incluindo sinergismo, antagonismo e interações diretas e indiretas nos sistemas multi-espécies. A agricultura alternativa de substituição de insumos, apesar de amenizar alguns problemas diretos da agricultura convencional, como por exemplo, a questão dos resíduos e de resistência a agrotóxicos, não reduz a vulnerabilidade fundamental dos monocultivos (ALTIERI, 2002). No entanto, Paschoal (1994) afirma que a agroecologia, ao reduzir insumos externos e aumentar a biodiversidade no agroecossistema pode incrementar a tão requisitada auto-sustentabilidade no campo.

³ A abordagem técnica de substituir o que é proibido pelo que é permitido por certificadoras é chamada de substituição de insumos de acordo com Altieri (2002).

Sendo um conjunto de princípios e técnicas que visam reduzir a dependência de energia externa e o impacto ambiental da atividade agrícola, produzindo alimentos mais saudáveis e valorizando o homem do campo, sua família, seu trabalho e sua cultura, a agroecologia geralmente representa uma abordagem agrícola que incorpora cuidados especiais relativos ao ambiente. Como tal, enfoca não somente a produção, mas também a sustentabilidade ecológica do sistema de produção, bem como questões sociais (HECHT, 2002). Dessa maneira, o conceito de agroecologia procura sistematizar todos os esforços em produzir um modelo tecnológico abrangente, que seja socialmente justo, economicamente viável e ecologicamente sustentável (ALTIERI, 1995).

Do ponto de vista produtivo, no cerne da agroecologia está a concepção de que os cultivos agrícolas são ecossistemas nos quais os processos ecológicos encontrados noutras formações vegetais, como ciclos de nutrientes, interações predador/presa, competição, comensalismo e sucessões ecológicas também ocorrem. A idéia é que através da compreensão destes processos e relações, os agroecossistemas possam ser manejados para produzir melhor, com menos impactos ambientais e sociais negativos, com maior sustentabilidade e com menor dependência de insumos externos.

2.2 Práticas agrícolas sustentáveis - Cultivo em Consórcios

Enquanto a agronomia clássica restringe-se aos fatores limitantes, na agroecologia, estes podem ser observados como sintomas de desregulação dos agroecossistemas. Assim, oferece-se uma abordagem que vai além do uso de insumos alternativos, buscando o desenvolvimento de ecossistemas integrados e com baixa dependência de insumos externos. Dessa maneira, a ênfase está no planejamento de sistemas agrícolas complexos onde as interações ecológicas e os sinergismos entre os componentes biológicos substituem os insumos promovendo os mecanismos de sustentação da fertilidade do solo, da produtividade e da proteção das culturas (ALTIERI, 1995). Dentre as práticas utilizadas no contexto da produção agroecológica, encontram-se a adubação verde e a consorciação de culturas (WITTEWER, 1975) que

são técnicas poupadoras de energia em sistemas de produção, podendo ser consideradas práticas sustentáveis na produção agrícola.

A monocultura representa um dos maiores problemas do modelo agrícola praticado atualmente, pois não existindo diversificação de espécies numa determinada área, as pragas e doenças ocorrem de forma mais intensa sobre a cultura, por ser a única espécie vegetal presente (SOUZA; RESENDE, 2003). No entanto, esse modelo de produção é recente, tendo sido intensificado a partir da década de 50. Na verdade, os cultivos múltiplos parecem ter sido um dos primeiros tipos de agricultura organizada. (FRANCIS, 1986).

O policultivo é uma prática comum da agricultura tradicional principalmente das regiões tropicais em países em desenvolvimento como os da Ásia, África e América Latina. Segundo Khatounian (2001), a biomassa é de fundamental importância tanto para a manutenção da fertilidade do sistema quanto para a regulação da sanidade do sistema. Isso mostra a importância em se manter o solo coberto o maior tempo possível e diversificar as espécies a fim de se alcançar o equilíbrio.

Consórcio é uma das técnicas de policultivo, sendo que de acordo com Vandermeer (1989) e Francis (1986), é o cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente no mesmo campo, sendo a forma de cultivo múltiplo dependente do tempo. Vandermeer (1989) também define consórcios como duas ou mais culturas crescendo em associação umas com as outras. Há uma grande variedade de sistemas consorciados, sendo que estes estão divididos em subcategorias⁴, refletindo a ampla variedade de culturas e práticas de manejo que os agricultores de todo o mundo, e em especial em regiões tropicais, utilizam para atender às suas necessidades de alimentos, fibras, medicamentos, combustível, materiais de construção, forragem e renda. De acordo com Liebman (2002) pode haver diversos arranjos espaciais, desde uma simples combinação de fileiras alternadas, até consórcios complexos de mais de uma dúzia de

⁴ Existem quatro subcategorias de consórcios, de acordo com Vandermeer (1989), que são (1) consórcio misto: onde duas ou mais culturas são cultivadas simultaneamente sem arranjo em linhas distinto; (2) consórcio em fileiras: cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente onde uma delas ou mais são plantadas em fileiras; (3) consórcio em faixas: cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente em faixas largas o suficiente para permitir o cultivo independente, porém estreitas o suficiente para que as culturas interajam agronomicamente; (4) consórcio em revezamento: cultivo de duas ou mais culturas simultaneamente durante parte do ciclo de vida de cada cultura.

espécies misturadas. As culturas podem ser plantadas na mesma época, ou em épocas diferentes (culturas seqüenciais), bem como as colheitas também podem ser simultâneas ou escalonadas.

Em muitos sistemas consorciados, os agricultores estão primeiramente interessados na produção de uma cultura principal e as outras espécies são plantadas como garantia contra o insucesso da cultura, para economizar recursos, para controle de erosão ou para melhoria da fertilidade do solo (LIEBMAN, 2002).

A consorciação induz a um aumento da biodiversidade no agroecossistema, o que leva a uma maior capacidade de regulação e estabilidade. Dessa maneira o cultivo consorciado se mostra uma boa alternativa para otimização dos recursos naturais (HAUGGAARD-NIELSEN; AMBUS; JENSEN, 2001; KEATING; CARBERRY, 1993; MORRIS; GARRITY, 1993) e possível aumento de produtividade por área (LIEBMAN, 2002) devido a um melhor aproveitamento da terra (ALTIERI, 1995; LIEBMAN, 2002) com melhor aproveitamento da mão-de-obra em alguns casos, e melhoria de condições sócio-econômicas (VANDERMEER, 1989). Outros benefícios do cultivo consorciado incluem aumento do número de organismos benéficos como microorganismos do solo, micorrizas, polinizadores e inimigos naturais (CALLAWAY, 1995), melhor controle de pragas, doenças e plantas invasoras (LIEBMAN; DYCK, 1993; MITCHELL; TILMAN; GROTH, 2002; TRENBATH, 1993), diminuição da taxa de lixiviação de nitratos (HAUGGAARD-NIELSEN; AMBUS; JENSEN, 2001), maior aproveitamento e reciclagem de nutrientes (BORKERT et al., 2003).

Vantagens com relação à otimização da utilização de recursos foram observadas por Salgado et al. (2006) que constatou maior aproveitamento dos nutrientes em sistemas consorciados de alface com outras hortaliças quando comparados a seu cultivo solteiro. Oliveira et al. (2005) também verificaram que no consórcio entre repolho e rabanete houve maior recuperação dos nutrientes por unidade de área em relação a seus respectivos monocultivos. De acordo com Horwith (1985), a consorciação ainda permite a utilização mais eficiente de recursos não renováveis e defensivos.

A ocorrência de consórcios em diversas regiões indica que o número de possibilidades de interações ecológicas presentes nos agroecossistemas pode ser muito maior que os considerados nos modelos de agricultura convencional, em que a

avaliação econômica, mais do que a biológica determina os padrões de eficiência (SANTOS, 1998). Estes sistemas de produção são importantes tanto como peça fundamental da manutenção de pequenas propriedades agrícolas em países subdesenvolvidos, quanto como componentes de sistemas agrícolas mais rentáveis (FRANCIS, 1986).

Os sistemas consorciados, de acordo com Vandermeer (1989), podem ser divididos em sistemas aditivos e de substituição. No sistema aditivo ocorre a semeadura de uma das culturas no mesmo arranjo do monocultivo, sendo simultaneamente adicionada a segunda cultura, aumentando a população de plantas na área. No consórcio de substituição, a segunda cultura é implantada no lugar de alguns indivíduos da cultura principal.

São diversos os exemplos de ganhos em produção relativos ao cultivo consorciado. Resende et al. (2005a) observou que apesar do custo operacional ter sido superior em sistemas consorciados de alface com rabanete, houve um significativo aumento da produtividade e qualidade, o que compensou o maior custo de produção. Ribas et al. (2003) observou que no consórcio entre quiabeiro e crotalária, a leguminosa proporcionou o aumento de produção em 13% à hortaliça e Resende et al. (2006) observou um significativo ganho em produtividade por área nos consórcios entre alface e pimentão. Negreiros et al. (2002) também comprovou o sucesso do sistema consorciado entre alface e cenoura e Zárate et al. (2005) constatou altos rendimentos nos consórcios entre taro e alface, sendo que o Índice Equivalente de Área (IEA)⁵ chegou a 2,31. Santos et al. (2002), também reportou um IEA maior que 1,0 para o consórcio entre brócolis e batata. Tolenino Junior et al. (2002), observou que em alface consorciada com mandioquinha-salsa houve a vantagem da sobreprodutividade das culturas. Rezende, Canato e Cecílio Filho (2003), observaram que em consórcio com rabanete a alface 'Tainá' houve sobreprodutividade e que a alface não apresentou diferença com relação à monocultura. Contudo, observa-se que a eficiência do

⁵ IEA (Índice equivalente de área), de acordo com Vandermeer (1989), mede a eficiência produtiva de um consórcio em relação ao monocultivo. Nesse contexto $IEA = \frac{policultura\ A}{monocultura\ A} + \frac{policultura\ B}{monocultura\ B}$. Se o

IEA for maior que 1,0 o consórcio foi mais produto que o monocultivo; se for igual a 1,0 foi semelhante ao monocultivo e se for menor que 1,0 foi inferior ao monocultivo.

desempenho de um consórcio depende de uma variedade de fatores, como escolha de cultivares adaptadas ao sistema, padrão de cultivo, produção de mudas, arranjo espacial das culturas componentes, densidade de plantio (BARROS JUNIOR et al., 2005), época de estabelecimento (CECÍLIO FILHO; MAY, 2002), bem como da interação entre todos estes fatores, o que torna a pesquisa extremamente complexa (GLIESSMAN, 1986).

Apesar das várias vantagens relacionadas ao uso de sistemas consorciados, algumas desvantagens da adoção deste sistema são o aumento da mão-de-obra em alguns casos e a competição entre espécies (BAUMANN, 2001). De acordo com Resende et al. (2005a), o consórcio pode afetar a qualidade (cor, tamanho, formato, entre outras) comercial do produto, depreciando sua classificação e, conseqüentemente seu valor comercial.

Uma questão de grande importância relacionada a consórcios, levantada por Negreiros et al., (2002) e Vandermeer (1989), é o fato de que as cultivares de hortaliças disponíveis foram selecionadas e desenvolvidas visando o monocultivo, não se podendo dessa maneira, prever o mesmo resultado de seus cultivos consorciados a partir de resultados obtidos em monocultivo, uma vez que são selecionadas em um ambiente livre de competição.

2.2.1 Interações em sistemas consorciados

As interações entre culturas, de acordo com Vandermeer (1989), têm sido divididas em interações competitivas, nas quais as culturas competem pelo mesmo recurso, e interações facilitativas em que uma cultura altera positivamente o ambiente da (s) outra (s) de maneira a beneficiar seu crescimento.

De acordo com Vandermeer (1989), o chamado processo de facilitação⁶ funciona quando uma espécie promove algum tipo de benefício para outra espécie, e baixa competição ocorre quando as culturas utilizam diferentes componentes do ecossistema, ou utilizam os mesmos componentes de diferentes maneiras, ou ainda exploram diferentes nichos. De acordo com o princípio da produção competitiva, do mesmo autor, dois tipos de cultura produzirão mais se sua competição mutua for suficientemente fraca. Segundo Trenbath (1975), a escolha criteriosa das culturas componentes e da época de suas respectivas instalações é de fundamental importância para que se possa propiciar uma exploração máxima das vantagens do consórcio. Para Vandermeer (1981), a vantagem efetiva de um consórcio será mais evidente quando as culturas envolvidas apresentarem diferenças entre as exigências frente aos recursos disponíveis, seja em qualidade, quantidade época de demanda ou espaço. Dessa maneira a complementaridade ou não-coincidência dos ciclos de crescimento e produção das culturas é um dos mecanismos mais bem conhecidos que levam ao sucesso dos consórcios. Santos (1998) observou que em consórcio de batata com brócolis existem diferenças nas taxas de crescimento de ambas as culturas, o que leva a uma redução na competição por luz e nutrientes. Neste caso, a cultura da batata tem rápido crescimento inicial, e posterior translocamento de fotoassimilados para os tubérculos, enquanto o brócolis possui uma taxa de crescimento menor.

De acordo com Willey (1979), em sistemas consorciados estabelece-se um inter-relacionamento entre as culturas, do qual poderá resultar em uma inibição mútua (quando o rendimento das culturas for inferior à expectativa), cooperação mútua (quando o rendimento das culturas superar a expectativa) ou compensação (quando uma cultura que produz menos é compensada por outra que produz mais do que a expectativa). A eficiência de sistemas consorciados é muitas vezes dependente da

⁶ O mecanismo de facilitação, de acordo com Vandermeer (1989) é aquele no qual uma espécie proporciona algum tipo de benefício para outra, alterando assim o ambiente da outra espécie positivamente. Neste contexto, a redução da pressão de plantas espontâneas ou do ataque de herbívoros em uma cultura, a transferência de N de uma leguminosa para uma cultura associada, a economia de água e redução da evapotranspiração, transferências de nutrientes por conexões micorrízicas, o aumento de inimigos naturais, pela introdução de uma cultura secundária seriam exemplos de facilitação.

complementaridade⁷ entre as culturas. Quando o período de maior demanda pelos recursos ambientais das culturas consorciadas não é coincidente, a competição entre as mesmas pode ser minimizada, sendo esta situação denominada complementaridade temporal. Quando as diferenças na arquitetura das plantas favorecem a melhor utilização da luz, água e nutrientes disponíveis ocorre a denominada complementaridade espacial. Entretanto a complementaridade temporal é o principal fator determinante da eficiência dos sistemas consorciados normalmente empregados.

Em um consórcio pode haver competição e interação negativa entre as espécies envolvidas. As interferências negativas entre espécies vegetais, de acordo com Vandermeer (1989) dizem respeito a efeitos alelopáticos ou à competição por recursos como água, nutrientes, gás carbônico e luz, ou ainda ao aumento da população de insetos-praga ou a modificações danosas no microclima. De acordo com Santos (1998), considerando-se condições ecológicas específicas tem-se a hipótese que existem combinações de culturas mais adequadas aos consórcios, sendo que esta adequabilidade tem limites influenciados pelo arranjo e pela densidade populacional do próprio consórcio, além de ser influenciada por interações-chave entre as culturas envolvidas e entre elas e o ambiente.

2.2.1.1 Competição em consórcios

A competição é a distribuição dos recursos limitantes de crescimento como água, dióxido de carbono, nutrientes e luz, entre as espécies no agroecossistema e a eficiência de cada uma das culturas em utilizar esses recursos para a produção de biomassa (ROHRING; STULZEL, 2001). De acordo com Vandermeer (1989), a

⁷ No caso da consorciação, pode haver complementaridade fisiológica em relação à fixação do N atmosférico pelas leguminosas que ao fixarem o N para suas próprias necessidades podem deixar uma reserva no solo que pode ser utilizado pelas espécies não leguminosas do consórcio (LIEBMAN, 2002; OFORI & STERN, 1987) aumentando sua produtividade. No caso de plantas C₃ e C₄, as C₄ se adaptam melhor a ambientes ensolarados, ocupando a parte superior do consórcio, e as plantas C₃ que se adaptam melhor às condições de sombreamento, ocupam a parte inferior. Exemplos de consórcios entre C₄/C₃ incluem milho e feijão, sorgo e guandu, milheto e amendoim (WILLEY, 1990).

competição ou interferência, é o processo no qual duas plantas individuais ou duas populações de plantas interagem de tal maneira que ao menos uma exerce influencia negativa na outra.

De acordo com o princípio da exclusão competitiva (VANDERMEER, 1990), quando duas espécies têm requerimentos distintos, competem fracamente, sobrevivendo indefinidamente no mesmo ecossistema. Contudo, quando os requerimentos são similares, competem entre si fortemente, com uma delas tendendo à extinção com o tempo. De fato, muitos estudos mostram que o sucesso obtido em sistemas consorciados ou policultivos advém do efeito da baixa competição por recursos, sendo que a baixa competição está relacionada a diferentes épocas de interceptação de recursos, taxa de necessidade de recursos, especificidade de recursos chave e tolerância a estresse (FRANCIS, 1986; VANDERMEER, 1989). Assim, a disposição das plantas no consórcio e a época do estabelecimento influem consideravelmente na competição (CECÍLIO FILHO; MAY, 2002; REZENDE et al., 2005; SOUZA NETO, 1993).

Nesse contexto, de acordo com Radosevich (1996), a resposta das plantas aos recursos segue uma curva padrão, sendo essa resposta pequena se o recurso é limitado, e máxima quando o ponto de saturação é atingido, podendo até declinar quando em excesso. A competição por água, nutrientes e luz é difícil de ser separada, já que os recursos estão interligados, pois a deficiência de um deles afeta a capacidade competitiva das espécies cultivadas pelos demais (FLECK, 1992). No entanto, de acordo com Radosevich (1997), a luz tem um importante papel na relação de interferência entre espécies.

A competição somente é constatada quando os competidores utilizam recursos de sobrevivência em intensidade superior à capacidade do meio em fornecer esses recursos. Essa situação pode ser evidenciada em condições de sombreamento, onde um dos competidores impede o acesso do outro (PITELLI, 1985).

Espécies diferentes são assumidas como similares quando apresentam exigências semelhantes de nutrientes, quantidade e qualidade de luz e disponibilidade de água; apresentam resistência e susceptibilidade semelhantes a herbívoros e a patógenos; proporcionam recursos similares (alimento, habitat e estímulos químicos)

para espécies similares, no segundo e terceiros níveis tróficos e, apresentam ciclos similares de desenvolvimento e produção (SANTOS, 1998). Porém, mesmo que duas culturas possam apresentar exigências similares para crescimento e produção, ainda assim é possível que mecanismos de facilitação estejam operando no consórcio, levando à sobreprodutividade. Caso as culturas apresentem exigências de recursos diferenciadas, o consórcio pode apresentar maior produtividade em consequência da presença de fraca competição, ou da presença simultânea de fraca competição e facilitação.

De acordo com Silva et al. (2004), os fatores que determinam a maior competitividade entre as espécies são: o porte e a arquitetura da planta; a maior velocidade de germinação e o estabelecimento da plântula; a maior velocidade do crescimento e maior extensão do sistema radicular; a menor suscetibilidade da espécie às intempéries climáticas (como veranico e geadas); o maior índice de área foliar e, a maior capacidade de produção e liberação de substâncias químicas com propriedades alelopáticas. Dessa maneira, uma planta é considerada competidora eficaz quando utiliza rapidamente um determinado recurso ou quando é capaz de continuar seu desenvolvimento mesmo com níveis escassos desses recursos no ambiente (RADOSEVICH, 1996).

Em consórcios, geralmente se observa alguma redução em produtividade das espécies associadas (GLIESSMAN, 2005) devido à competição. Existem vários exemplos relacionados a produtividades inferiores em sistemas consorciados: Barros Junior et al. (2005), observaram que uma maior densidade populacional de alface resultava em maior competição inter e intraespecífica que levou à diminuição de peso fresco; Tolentino Júnior et al. (2002), observaram que em consórcio de mandioquinha salsa com alface e beterraba, houve maior produção em monocultivo para as três espécies devido à maior competição; Oliveira (2005) observou que no consórcio entre repolho e rabanete, não houve influência negativa do rabanete em relação ao repolho, porém, houve influência negativa do repolho em relação ao rabanete; Santos et al. (2002) constatou que em consórcio de brócolis com repolho, os brócolis dominaram o repolho e que em consórcio de brócolis com aveia, esta última dominou o consórcio devido à competição imposta por sua maior biomassa. Essas produtividades inferiores

reportadas por vários autores, provavelmente estão relacionadas à escolha errada de espécies consorciadas, bem como escolha equivocada da época de estabelecimento dos consórcios que não exploraram a complementaridade entre as culturas.

2.2.1.2 Influencia da época de estabelecimento do consorcio no desempenho das culturas consorciadas.

A espécie consorte é um fator de grande influência no desempenho da cultura companheira, no entanto, a época de estabelecimento também influencia significativamente no desempenho da cultura principal. Negreiros et al. (2002) verificou que a produtividade das culturas consorciadas é afetada pelo período de convivência entre as espécies, que é determinado pela época de estabelecimento dos consórcios.

Diversos autores reportam que a época de estabelecimento do consórcio pode viabilizar ou não a presença de uma das espécies (CENPUKDEE; FUKAI, 1992a, 1992b; TSAY; FUKAI; WILSON, 1988; WATIKI; FUKAI; BANDA, 1993) sendo que as diferenças de crescimento inicial influenciam a habilidade das culturas em competir por água, luz e nutrientes (TREMMELE; BAZZAZ, 1993).

Ofori e Gamedoagbao (2005), reportaram que a produtividade de berinjela escarlate (*Solanum aethiopicum* L.) plantada simultaneamente ao caupi teve pouca redução de produção, alcançando 90-99% do que foi produzido em monocultivo. No entanto, quando o caupi foi semeado 14 e 28 dias antes do plantio da hortalíça, a produção foi respectivamente 65-80% e 58-60% da produção em monocultivo.

Mueller (1996) observou que o atraso na semeadura da cenoura beneficiou a produtividade e qualidade de bulbos de alho e resultou em queda de produtividade e qualidade da cenoura em um consórcio entre alho e cenoura. Cecílio Filho e May (2002) reportaram que a produtividade de alface consorciada com rabanete era influenciada pela época de estabelecimento do consórcio.

Rezende et al. (2005) observaram em consórcio de tomate com alface em diferentes épocas de estabelecimento, que à medida que o transplante da alface foi mais tardio, houve menor acúmulo de massa fresca na parte aérea de alface devido à

competição imposta pelos tomateiros que resultou em diminuição de crescimento da folhosa. Paula (2005) observou no consórcio entre cebola e alface, estabelecidos em três diferentes datas de transplante da alface em relação ao da cebola, que as melhores produtividades de alface também foram obtidas quando esta foi transplantada simultaneamente à cultura consorte, de modo que as plantas de alface sofressem menor competição.

2.2.1.1.1 Competição por água

Sabe-se que a competição por água pode ser um importante componente em qualquer combinação de plantas crescendo juntas (VANDERMEER, 1989). De acordo com Morris e Garrity (1993), em cultivos consorciados pode haver uso mais eficiente da água comparado aos cultivos solteiros, desde que as espécies consorciadas não estejam sob severo déficit hídrico. Caso isso ocorra, a espécie dominante dentro de um consórcio eleva seu uso eficiente de água por meio da absorção de parte da água disponível no período de convivência, reduzindo a água disponível às plantas dominadas (CHASTAIN; GRABE, 1989).

2.2.1.1.2 Competição por luz

De acordo com Trenbath (1976), em sistemas consorciados, onde as condições nutricionais do solo são adequadas para o cultivo, a competição por luz é mais intensa, e a utilização de densidades mais elevadas podem levar a fortes efeitos de competição. Portes (1984) também afirma que em um sistema de consorciação, a competição entre plantas é maior pela luminosidade do que por água e nutrientes. No entanto, como resultado da competição por luz, uma cultura pode ter menor capacidade de explorar nutrientes, podendo o inverso também ocorrer, uma vez que a absorção da maior parte de luz provavelmente também vem acompanhada de absorção da maior parte dos recursos do solo, e com isso surgem deficiências no balanço hídrico (HARPER, 1977).

A radiação luminosa é um recurso vital para a fotossíntese e desenvolvimento das plantas, exercendo um papel importante na habilidade competitiva entre espécies. Quando plantas estão consorciadas, a quantidade de luz que atinge suas folhas pode se tornar limitante, e a competição por esse fator pode começar a ocorrer (GLIESSMAN, 2005), pois o balanço de energia proporcionado pela luminosidade no interior do dossel torna-se mais complexo⁸ quando comparado a um dossel homogêneo de monoculturas, devido às diferenças entre espécies, como altura, arquitetura da copa, taxa fotossintética, e partição de fotoassimilados (SINOQUET; BONHOMME, 1992; KEATING; CARBERRY, 1993). Assim, quando as plantas consorciadas apresentam diferentes estruturas de crescimento ou diferentes distribuições da área foliar, ocorre um melhor aproveitamento da luz, e ao contrário, se as populações se constituírem de espécies semelhantes, com necessidades similares de luz, ocorrerá maior competição (GLIESSMAN, 2005). De acordo com Rajcan e Swanton (2001), a qualidade e quantidade são os componentes da radiação que afetam o resultado da competição entre plantas. A intensidade⁹ da radiação interceptada pela planta determina a fotossíntese no dossel, enquanto a qualidade da radiação é a variável que regula a morfologia da planta. Ambos os componentes são modificados numa condição de competição no consórcio, em comparação ao monocultivo e, como consequência altera-se a acumulação de biomassa (SANTOS et al., 2004), e a morfologia das espécies

⁸ Segundo Salisbury e Ross (1991), plantas que crescem sob ou dentro do dossel de outras culturas podem ficar expostas a reduzidas quantidades de radiação fotossinteticamente ativa e também recebem radiação de qualidade diferente daquela recebida por aquelas que crescem em pleno sol. A radiação no interior do dossel, principalmente nas camadas mais baixas, é enriquecida pela radiação vermelho-distante (700-740 nm), que segundo Holt (1995), é a radiação resultante da absorção seletiva da radiação encontrada no espectro vermelho (660-670 nm) dos pigmentos fotossintéticos e da reflexão e transmissão da radiação vermelho-distante pelas folhas verdes. Dessa forma, a relação vermelho-distante – vermelho das radiação das camadas inferiores do dossel é superior à aquela encontrada sobre o dossel das culturas consorciadas. A maior relação VC-V nas plantas, é um indicativo de competição, pois induz a maior alocação de fotoassimilados para o desenvolvimento das folhas e dos ramos em detrimento do sistema radicular.

⁹ De acordo com Gliessman (2005), em intensidades de luz muito altas, os pigmentos fotossintéticos ficam saturados, significando que luz adicional não aumenta efetivamente a taxa de fotossíntese. Esse nível de intensidade luminosa é chamado de ponto de saturação. Por outro lado, níveis baixos de luz podem levar uma planta ao ponto de compensação de luz, ou o nível de intensidade luminosa em que a qualidade de fotossíntese produzida é igual à necessária para a respiração. Quando a intensidade de luz desce abaixo do ponto de compensação, o saldo energético da planta é negativo. Caso o saldo negativo não seja compensado por um período de tempo de fotossíntese ativa e ganho de energia, a planta pode morrer.

consorciadas (BAUMANN et al., 2001). Nos cultivos consorciados geralmente as espécies diferem em altura (CECÍLIO FILHO; MAY, 2002; NEGREIROS et al., 2002; REZENDE et al., 2005; REZENDE et al., 2006) e em distribuição das folhas (BARROS JUNIOR, et al., 2005; NEGREIROS et al., 2002; RESENDE et al., 2006) no espaço, entre outras características morfológicas que podem levar as plantas a competir pela radiação fotossinteticamente ativa, ou seja, a radiação utilizada pelas plantas.

Com relação ao sucesso de sistemas consorciados, à medida que se reduz a competição por energia luminosa, utilizando-se variedades com dossel mais compacto e porte mais ereto, de maneira a permitir maior penetração de luz observa-se um incremento do IEA em vários sistemas consorciados (ALI, 1992; CENPUKDEE e FUKAI, 1992a,b; IKEORGU, 1991; RAO e MITTRA, 1990). Por outro lado, tem sido observado o desaparecimento de sistemas consorciados em decorrência do sombreamento excessivo de uma espécie (CRUZ; SINOQUET, 1994). Conforme reportado por Santos et al. (2002), a competição por luz em consórcio de adição entre brócolis e feijões, esta última cultura ficou com menor capacidade de exploração do solo e conseqüentemente menor concentração de macronutrientes, o que possivelmente levou à redução de produtividade. Além disso, Resende et al. (2005) também observaram que no consórcio com tomateiro, a alface sofreu redução de produtividade, possivelmente porque o tomateiro apresenta porte maior e intercepta a luz que incidiria sobre as plantas de alface.

2.2.1.1.3 Competição por nutrientes

A adubação, para minimizar a competição por nutrientes, pode ser eficiente em alguns casos, porém pode agravar o problema em outros. Segundo Fleck (1992), adubações excessivas, por aumentarem tanto o crescimento das espécies concorrentes quanto da cultura que se deseja adubar, intensificam a competição e acabam beneficiando a espécie mais eficiente no uso desse recurso.

Em muitos casos, o que começa como uma competição por nutrientes, pode terminar como competição por luz pelo excessivo crescimento de uma das plantas que

foi mais eficiente na absorção de certo nutriente. De fato, de acordo com Vandermeer (1989), geralmente no início do desenvolvimento o principal fator de competição seria por recursos do solo, e posteriormente quando o período de crescimento termina, o principal fator torna-se a luz. Esse fato foi comprovado por Santos et al. (2004) que observaram que a beldroega, por ser mais eficiente que alface na absorção de fósforo, acabou crescendo mais em altura e sombreando as plantas de alface. Nesse caso, a principal competição que foi a por nutriente, acabou influenciando a competição por luz.

2.3 Adubação verde

A adubação verde é uma prática muito antiga, tendo sido utilizada há mais de 3000 anos por chineses, gregos e romanos, e desempenhou um importante papel para a agricultura naquela época. Teofrasto antes de 287 DC citou que em regiões da Grécia a *Vicia faba* era cortada quando atingia o florescimento. Os escritores romanos aconselhavam plantar tremoços e outras leguminosas. Varro (116-27 AC) disse: *“Algumas plantas são cultivadas não tanto por sua produtividade imediata, mas para favorecer o cultivo nos anos seguintes, porque ao serem cortadas e deixadas no solo elas o melhoram”*. Durante a idade média a importância da adubação verde declinou na Europa, mas as antigas práticas romanas continuaram na região do mediterrâneo e depois foram difundidas para a Alemanha e Inglaterra. Muitas informações se perderam, mas de acordo com as primeiras referências, sabe-se que alfafa, trevos, caupis, soja, ervilhas, centeio e outras espécies forrageiras e comestíveis foram primeiro cultivadas como alimento para homens e animais, apenas posteriormente sendo utilizadas como melhoradoras de solo (PIETERS, 1927). Apenas no século XIX o efeito da adubação verde foi explicado com o avanço nos estudos dos microorganismos, porém seu cultivo foi desestimulado a partir dos anos 50, devido ao desenvolvimento da indústria de fertilizantes (MIYASAKA, 1984).

De acordo com Khatounian (2001), na tradição européia, a adubação verde se caracteriza pela utilização de leguminosas com objetivo de melhorar a fertilidade do solo. No Brasil, em tempos modernos, a adubação verde assume um sentido mais

amplo no qual uma planta se encaixa no sistema de culturas vigentes. Atualmente, a adubação verde não é apenas o cultivo e corte de plantas no estágio juvenil, no florescimento pleno, com ou sem incorporação imediata. Compreende também o manejo da fitomassa produzida no local ou fora dele, podendo ser cultivada até a colheita das sementes, com a finalidade de cobertura do solo, de preservação e restauração da produtividade das áreas em cultivo e do ambiente, com aproveitamento mais adequado do solo, das máquinas e insumos. Ainda, deve ser avaliada em função de sua utilização mais freqüente em diversos sistemas de produção e dos resultados esperados e obtidos a médio e longo prazos. Também, deve ser flexível o suficiente para se alterarem as culturas, devido às mudanças climáticas e também preços no mercado (Wutke, 1993; Wutke et al., 2001). Dessa maneira, a adubação verde pode ser considerada como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com culturas, sendo incorporadas ao solo ou deixadas na superfície, visando à proteção superficial, bem como a manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Eventualmente, as plantas utilizadas como adubo verde podem ser utilizadas para produção de sementes, fibras e alimentação animal ou humana (COSTA et al., 1992).

Por suas características, os adubos verdes proporcionam benefícios bastante significativos à agricultura que as práticas convencionais químicas e mecânicas não conseguem desempenhar. Essa prática se baseia na cobertura e proteção do solo, manutenção e/ou melhoria das condições físicas, químicas e biológicas no solo, aração biológica e introdução de microvida em profundidades maiores do que as da camada arável, utilização eventual da biomassa produzida na alimentação animal, entre outros.

Com relação às condições físicas, observa-se maior eficiência na conservação do solo proporcionado pela cobertura vegetal; proteção contra o impacto das gotas de chuva; aumento da porosidade do solo e da infiltração de água¹⁰; diminuição da enxurrada e da temperatura do solo ao longo do dia; aprofundamento das raízes etc.

¹⁰ Uma vantagem da adubação verde de acordo com Costa et al. (1992), é manter elevada taxa de infiltração de água no solo pelo efeito combinado do sistema radicular com cobertura vegetal, uma vez que as raízes após sua decomposição deixam canais no solo que agregam sua estrutura, enquanto a cobertura evita a desagregação superficial e reduz a velocidade de escoamento das enxurradas.

Como benefícios às características biológicas do solo, observa-se favorecimento da atividade dos microorganismos e auxílio no controle de nematóides formadores de galhas como ocorre com as crotalárias, conforme observado por Dunn (2003) e Ribas et al. (2003) e mucunas, e no controle de pragas, doenças e plantas infestantes (FAVERO et al., 2001; NGOUAJIO, et al., 2003), como no caso da interferência negativa do feijão-de-porco sobre a tiririca.

Com relação às características químicas do solo, ocorre principalmente a incorporação de nitrogênio pela fixação biológica pelas leguminosas (RIBAS et al., 2003); o aumento do teor de matéria orgânica (BORKERT et al., 2003); maior disponibilidade de macro e micronutrientes; aumento da CTC; formação de ácidos orgânicos, que são auxiliares na solubilização de minerais do solo, tornando-os disponíveis às plantas cultivadas; aumento do pH do solo e redução da acidez; reciclagem de nutrientes lixiviados (ALCÂNTARA et al., 2000; BORKERT et al., 2003; SULLIVAN, 2003) em profundidade e pouco solúveis, dentre outros (AMBROSANO et al., 1999; BULISANI et al., 1992; MASCARENHAS et al., 1984; MIYASAKA, 1984; MIYASAKA & OKAMOTO, 1993; SHARMA et al., 1982; WUTKE, 1993; WUTKE et al., 2001).

Cherr, Scholberg e McSorley (2006) citam como vantagens adicionais da adubação verde a diminuição da compra de fertilizantes; diminuição de gasto com transporte com maior independência por recursos externos à unidade de produção; redução dos problemas de salinização do solo; menor probabilidade de lixiviação de N; aumento da matéria orgânica (BORKERT et al., 2004); aumento da retenção e diminuição da perda de nutrientes (BORKERT et al., 2004) e da eficiência de absorção de N.

Apesar dos inúmeros benefícios descritos, os efeitos da adubação verde são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio e corte dos adubos verdes, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e das interações entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

A rigor, na adubação verde, não existe uma planta ideal. Portanto, dependendo da espécie utilizada e das condições, existem vantagens e desvantagens inerentes a

cada uma, sendo então necessário se levantar informações sobre as plantas envolvidas e sobre o modo de utilização antes da escolha.

O uso de leguminosas como cultivo de cobertura em sistemas de cultivo intensivo ou em rotações oferece um grande potencial para produção sustentável e auto-suficiente em termos de nutrientes do solo. Quanto ao aporte de N, qualquer quantidade fixada deixada no campo na forma de leguminosas mortas pode ser uma fonte de nutriente para culturas subseqüentes. No entanto, a disponibilidade desse N vai depender da taxa de mineralização em relação à demanda pelo nutriente da cultura. De acordo com Giller e Wilson (1991), os mecanismos pelos quais o nitrogênio pode se tornar disponível para outras plantas são: (1) partes da planta abaixo do solo: senescência de raízes e nódulos, exsudatos de raízes e transferência direta entre raízes por interconexões micorrízicas; (2) partes da planta acima do solo: folhas caídas, lixiviados, absorção pelas plantas associadas e resíduos de plantas. Uma importante estratégia de manejo é conseguir sincronizar a taxa de liberação do nutriente pelo adubo verde com a absorção da planta que o utilizará (WIVSTAD, 1999). As partes verdes das plantas tendem a conter menor quantidade de lignina e dessa maneira sua decomposição é muito mais rápida. Em muitos trabalhos foi observado que 40% ou mais do N são liberados em duas semanas após sua adição dos ramos novos no solo. Isso implica em uma possível perda da absorção de N da cultura principal caso esta ainda não tenha atingido sua maior demanda pelo nutriente (GILLER; WILSON, 1991).

De acordo com Fontanétti et al. (2006), a absorção dos nutrientes, advindos da mineralização dos adubos verdes pelas hortaliças, depende em grande parte, da sincronia entre a decomposição e mineralização dos resíduos vegetais e a época de maior exigência nutricional da cultura. Dessa maneira, embora uma espécie de adubo verde imobilize grande quantidade de nutrientes em sua biomassa, isso não significa que esses nutrientes estarão prontamente disponíveis à cultura subseqüente (ALVARENGA et al., 1995). Além disso, os efeitos da adubação verde são bastante variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à biomassa, da época de plantio e corte do adubo verde, do tempo de permanência dos resíduos no solo, das condições locais e da interação entre esses fatores (ALCÂNTARA et al., 2000).

A utilização de adubos verdes vem crescendo principalmente devido à sua adoção pelos sistemas agrícolas chamados alternativos, como fonte de nutrientes, em especial com relação à fertilização nitrogenada, uma vez que fertilizantes químicos sintéticos de alta solubilidade não são utilizados, bem como para cobertura de solo, controle de nematóides e plantas espontâneas.

Na horticultura de base ecológica, a adubação verde é especialmente importante, uma vez que a disponibilidade de fontes de N é limitada (THORUP-KRISTENSEN, 2006) e a utilização de composto orgânico pode encarecer significativamente os custos de produção. Fontanétti et al., 2006, observaram que a utilização de adubos verdes complementando a adubação orgânica é viável na substituição da adubação mineral para produção de hortaliças.

2.3.1 Adubação verde consorciada

A prática de adubação verde mais comum é a do pré-cultivo com posterior incorporação. Tal prática tem se mostrado bastante eficiente em incrementar a fertilidade do solo (CASTRO et al., 2004; CASTRO et al., 2005; FONTANÉTTI et al., 2006) e a produtividade de hortaliças (FONTANÉTTI et al., 2006; MUREITHI et al., 2004; NGOUAJIO et al., 2003; OKPARA et al., 2004; SAINJU et al., 2001, THORUP-KRISTENSEN, 2006; TURGUT, 2005; WHITEHEAD; SINGH, 2005). No entanto, essa técnica tem limitações quanto ao fornecimento de nutrientes como N devido à temperatura excessiva e elevada umidade que resultam em mineralização acelerada no clima tropical. Dessa maneira, caso não haja sincronidade entre a demanda da cultura sucessora e a mineralização do N, corre-se o risco de perda do nutriente. Além disso, outro fator limitante para a adubação verde solteira de pré-cultivo, é o fato de haver a necessidade de cultivo e manutenção de áreas sem o retorno financeiro imediato com uma cultura economicamente rentável, sendo este um entrave principalmente para pequenos produtores.

Como alternativa a essa técnica de manejo, existe a consorciação dos adubos verdes com a cultura principal. Nesse esquema, os adubos verdes são cultivados

juntamente com a cultura principal em parte de seu ciclo ou no ciclo todo (ELFSTRAND, 2007). De acordo com Giller (2001), a adubação verde consorciada possibilitaria a pronta disponibilidade de N para a cultura principal no momento do corte da leguminosa. Assim, a cultura principal se beneficiaria do N_2 fixado pela leguminosa, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados e pela decomposição de nódulos e raízes ou pelo corte de suas partes aéreas que irão se decompor e liberar nutrientes durante o desenvolvimento da cultura principal. Castro (2005) reportou que o consórcio entre caupi e berinjela resultou em aporte de 90 kg ha^{-1} de N, além da vantagem do aumento da biodiversidade funcional. RIBAS et al., (2003) observaram que na consorciação de quiabo com crotalária houve maior produtividade da hortaliça, promovida pelo aporte de N e pela ciclagem de nutrientes além do adubo verde ter reduzido a infestação por nematóide de galhas.

Uma característica bastante vantajosa desse sistema de cultivo é que não há a necessidade de suspender o cultivo da cultura comercial por parte do ano agrícola e, portanto é uma alternativa principalmente para pequenas propriedades onde o solo é utilizado com maior intensidade. Além do uso do solo mais eficiente, as vantagens da adoção da adubação verde consorciada incluem o maior controle da erosão e redução da infestação por pragas e plantas espontâneas, diminuição da temperatura na superfície do solo (SOUZA; RESENDE, 2003), ou seja, esta prática une os benefícios e vantagens tanto da adubação verde quanto da consorciação.

O problema da adubação verde consorciada, de acordo com RIBAS (2003), é que há carência de informações para a grande maioria das hortaliças quanto à competição por luz, água e nutrientes, bem como sobre a sincronização entre a liberação dos nutrientes após o corte dos adubos verdes e a absorção pelas culturas. Outro problema relativo não somente ao consórcio entre hortaliças e adubos verdes, mas entre plantas cultivadas de modo geral, é que estas não foram selecionadas e adaptadas ao cultivo consorciado, e, portanto não foram selecionadas a suportar certo nível de estresse por competição por recursos.

2.3.1.1 Utilização da poda dos adubos verdes como cobertura morta (“mulching”)

A cobertura morta ou “mulching” é a aplicação no solo de material como, os restos de culturas, sem incorporação. Trata-se de uma prática bastante recomendável para sistemas de produção alternativos, pois permite evitar perdas excessivas de água, diminui o impacto das gotas de chuva, diminui a temperatura do solo e ainda enriquece o solo com nutrientes após sua decomposição. Além de proporcionar os benefícios nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, proporciona melhor controle de plantas espontâneas e melhores condições para o desenvolvimento radicular (SOUZA; RESENDE, 2003).

Morse (2000) observou que o mulching de caupi melhorou o desempenho de brócolis em 14% comparado ao cultivo sem cobertura morta do adubo verde, porém essa brassicácea tem um ciclo relativamente longo e, portanto, o material tem tempo de se mineralizar, liberando os nutrientes, ou seja, há sincronia entre a mineralização e a necessidade da cultura. Ribas et al. (2003) também observaram que no consórcio entre quiabo e crotalária, a hortaliça teve significativo aumento de produtividade após o corte da leguminosa que foi depositada na forma de mulching. Ngouajio et al. (2003) reportam que o mulching de caupi, apesar de não ter resultado em produtividade de alface tão alta como a de caupi incorporado, foi responsável também por uma significativa produtividade de alface por dois anos. No entanto, como já foram expostos anteriormente, os resultados tanto de um sistema consorciado, quando da adubação verde, dependem de vários fatores, sendo que o mesmo sistema de cultivo que resulta em sucesso para certas culturas pode não ser tão eficiente para outras. Searle et al., 1981, apud Giller e Wilson, 1991, apontam que em sistemas consorciados de soja com milho e amendoim com milho houve menor efeito residual das leguminosas do que em sistemas de sucessão.

2.3.1.2 Adubação verde na forma de cobertura viva

Leguminosas usadas como plantas de cobertura, associadas às culturas anuais, são geralmente chamadas coberturas vivas (ALTIERI, 2002). Neste sistema de cultivo uma cultura principal é semeada ou plantada diretamente no meio do adubo verde que foi temporariamente suprimido (CLEMENTS et al., 2000) ou em linhas alternadas aos adubos verdes que foram parcialmente e periodicamente cortados com o material resultante espalhado na área de cultivo (GRUBINGER; MINOTTI, 1986).

Há pouca informação a respeito da contribuição nutricional de culturas consorciadas, especialmente em sistemas de poda e mulching. Entretanto, sabe-se que os resíduos depositados na forma de mulching tendem a se decompor mais devagar em comparação ao material incorporado, e com um maior potencial para perdas gasosas de N de acordo com Larsson et al. (1998). Os mecanismos de transferência de nutrientes em cultivos com plantas consorciadas são: a mineralização do material foliar podado e resíduos; a mineralização do material radicular; a rizodeposição (perda de material orgânico das raízes conforme elas crescem através do solo) e a transferência direta via conexões micorrízicas no solo entre as plantas, o que pode aumentar a transferência de N e P. No entanto, parece haver pouca transferência direta de N e P de uma leguminosa para uma não leguminosa consorciada, sendo essa pequena transferência insignificante em termos agrônômicos. A transferência indireta dos nutrientes do material deixado na forma de raízes e ramos (queda, poda/corte) mortos é mais substancial e mais vagarosa, sendo mais importante para a cultura consorciada. Muitos são os fatores que influem no processo de transferência de nutrientes disponíveis incluindo a espécie de adubo verde, a idade, o tipo de manejo, a quantidade de nutrientes previamente contidos no solo, mineralização e imobilização da microbiologia do solo e a quantidade de resíduo.

De acordo com Prochnow et al. (2000) apud Schäfer et al. (2002), a mineralização, em termos de redução de massa é muito vagarosa, sendo que com 300 gm⁻² de matéria seca, 50 % do material cortado se mineraliza em 50 dias após o primeiro corte em 40 dias após o segundo corte. Prochnow e Kleinke (1995), apud Schäfer et al. (2002), reportaram que 66-87 % do teor de N proveniente do material

cortado de adubos verdes, permaneciam após quadro semanas e 33-49 % após oito semanas em comparação aos teores encontrados no momento do corte. No entanto, Larsson (1997) reportou que o aproveitamento do N proveniente do mulching é baixo, não ultrapassando 16 % do total.

O sucesso dessa prática depende do comportamento, adaptação, persistência e exigência da cada espécie envolvida. A frequência de corte e deposição do material também são outros fatores que parecem afetar a taxa de mineralização. Nesse caso, o corte semanal aumenta a quantia de N mineralizado. Segundo Fancelli e Pickett (1991), 75-85% do resíduo de N será mineralizado no primeiro ano após o corte, porém o padrão de liberação depende da temperatura e umidade do solo, bem como da relação C/N.

A utilização de cobertura viva de forma permanente ou consorciada protege o solo dos agentes climáticos, mantém e/ou eleva o teor de matéria orgânica, mobiliza e recicla nutrientes e favorece a atividade biológica do solo melhorando e estabilizando o sistema produtivo (BARRADAS et al., 2001; DUDA et al., 2003; CASTRO et al., 2004). Um importante efeito da cobertura viva é a diminuição da temperatura do solo e conservação da umidade. Larsson (1997) observou que a evaporação era bastante reduzida pela cobertura orgânica que agiu como cobertura isolante, reduzindo a temperatura diurna em comparação ao solo nu.

Apesar das vantagens da adoção de coberturas vivas, o crescimento da planta e a produtividade podem ser reduzidos nesse sistema, provavelmente em função da competição por água e nutrientes pelo sistema radicular, conforme reportado por Liedgens et al. (2004a, 2004b) para a cultura do milho.

2.3.1.3 Poda de adubos verdes em sistemas consorciados

São inúmeros os dados disponíveis sobre a interferência negativa de uma cultura no desenvolvimento de outra em um consórcio, por motivo de competição (BARROS JUNIOR et al., OLIVEIRA, 2005; SANTOS et al., 2002; TOLENTINO JÚNIOR et al., 2002). De acordo com Wilson (1988), a vantagem da consorciação depende

basicamente da extensão pela qual as espécies não estão competindo entre si. Assim, Resende et al. (2005) observaram em um consórcio de tomateiro com alface que quando as mudas de alface foram transplantadas após 42 dias do transplante de tomateiro, as folhosas não se desenvolveram, ficaram deformadas, com caules muito compridos, baixo número de folhas, alongadas e com o limbo estreito. De acordo com Portes (1984), em sistemas consorciados, a competição por luz é o fator abiótico mais importante.

Dessa maneira, a prática da poda visa diminuir a competição dos adubos verdes com a cultura principal, conforme foi reportado por Bunch (1990a), apud Giller e Wilson (1991) que observou que agricultores de Honduras que consorciavam mucuna com milho, podavam o adubo verde de modo a evitar a competição com a cultura principal.

2.4 Espécies envolvidas nos sistemas consorciados

2.4.1 Aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.)

Aveias são plantas cultivadas como grãos para humanos e animais, como forrageira para pastagem, silagem e feno e também como cultura de cobertura. São gramíneas anuais que pertencem à família Gramineae (Poaceae) e ao gênero *Avenae*. A espécie *Avena strigosa* Schreb. (aveia-preta) é originária da Europa (WEIBULL et al., 2007), e é utilizada como planta forrageira, ocupando pequenas áreas no sul da América do Sul (Argentina, Brasil e Chile).

Essa espécie é cultivada de forma solteira ou consorciada com outras espécies como o azevém, ervilhaca, centeio, trevo, tremoço etc. É melhoradora de solos e é empregada como regeneradora de sua sanidade diminuindo a população de patógenos e nematóides (COSTA et al., 1992), controle de plantas espontâneas (COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA, 2003) e recicladora de nutrientes (BORKERT, et al., 2003), além de aumentar os rendimentos das culturas de verão, na rotação (COSTA et al., 1992). Uma vantagem adicional, é que por ter a decomposição mais

tardia, quando comparada a leguminosas, os efeitos físicos benéficos dessa cultura no solo são mais prolongados (SOUZA ; RESENDE, 2003).

Os resíduos da aveia-preta podem promover a supressão de plantas invasoras por sua presença física na superfície do solo e por liberar aleloquímicos durante a decomposição de sua palhada (COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA, 2003). Piatto (2004) observou que a aveia-preta possuía a capacidade de interceptar 75% da luz o que contribuiu para diminuir a evaporação da água do solo. Almeida (1991 a) verificou que dentre várias culturas de inverno, a aveia produzia a maior quantidade de palhada, seguida por nabo forrageiro e centeio. Borkert et al. (2003) analisando 330 amostras no Paraná, encontrou valores de produção variando de 5 até mais de 15 t.ha⁻¹, entretanto Costa et al. (1992) cita que a produção de fitomassa seca da aveia-preta chega a 7,7 t.ha⁻¹ com relação C/N igual a 27. Apesar de a aveia preta não fixar biologicamente o nitrogênio, a cultura é capaz de acumular considerável quantidade desse nutriente, além de ser uma boa recicladora de K, conforme foi constatado por Borkert et al. (2003), onde dentro do intervalo de biomassa que variou entre 7,5 t.ha⁻¹ e 10,0 t.ha⁻¹, foram encontrados 121 kg.ha⁻¹ de N, 12 kg.ha⁻¹ de P, 201 kg.ha⁻¹ de K, 68 kg.ha⁻¹ de Ca e 20 kg.ha⁻¹ de Mg. O autor constatou que a cultura teve grande capacidade recicladora de Ca e Mg. De acordo com Wisniewski e Holtz (1997), o mulching de aveia-preta que tem a relação C/N alta em relação às leguminosas, demorou 179 dias para mineralizar 75% do N e 85% do P.

De acordo com Costa (1992), a aveia-preta é mais resistente à seca e a pragas e doenças e menos exigente em fertilidade que as outras aveias, o que a torna mais indicada para adubação verde. De acordo com o mesmo autor, quando o objetivo é a cobertura do solo ou a adubação verde, o manejo da fitomassa deve ser realizado na fase de grão leitoso, o que ocorre por volta dos 120 a 140 dias após a semeadura.

2.4.2 Caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

O gênero *Vigna* Fabaceae é composto por mais de 200 espécies nativas das regiões quentes, principalmente da África. Este gênero contém muitas espécies de

importância econômica, principalmente relacionadas a países em desenvolvimento. São exemplos de espécies de *Vigna* o caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], o feijão mungo [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] e [*Vigna mungo* (L.) Hepper] e o feijão adzuki [*Vigna angularis* (Willd.)] (FERY, 2002).

O caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, também chamado de feijão-caupi, feijão fradinho, feijão-de-corda, etc é uma planta cultivada por suas sementes maduras e/ou por suas vagens e grãos imaturos (que são consumidos como hortaliças). Além disso, esta planta tem sido utilizada na agricultura tropical e subtropical como forrageira, adubo verde ou planta de cobertura (STEELE et al. 1985). É uma importante leguminosa nos trópicos e subtrópicos, sendo cultivada na Ásia, África e Américas Central e do Sul, além do sul da Europa e sul dos Estados Unidos.

É uma planta herbácea anual de clima quente. Categorizadas como eretas, semi-eretas, prostradas ou trepadeiras. É uma cultura tolerante a seca, e ao calor, sendo habilidosa em fixar nitrogênio mesmo em solos muito pobres. É também tolerante ao sombreamento e, portanto, compatível para ser consorciada com muitos cereais e outras culturas (Steele et al. 1985). Agricultores de subsistência do Sahara normalmente consorciam caupi com milho, sorgo, milheto e mandioca (STEELE et al. 1985).

A área de caupi cultivada mundialmente é de cerca de 12,5 milhões de hectares e o total de grãos produzidos é de 3 milhões de toneladas. De acordo com Quin (1997) as regiões subsumidas da África são os maiores produtores e consumidores, sendo a Nigéria o maior produtor mundial. Noventa e oito por cento do caupi produzido nesse continente é manejado em consórcio (ARNON, 1972, apud VANDERMEER, 1989), sendo que os agricultores de subsistência normalmente consorciam caupi com milho, sorgo, milheto e mandioca (STEELE et al. 1985). O Brasil é o segundo maior produtor (FERY, 2002), sendo a cultura de grande expressão econômica e social nos estados da região Nordeste.

A cultura tem sido bastante utilizada em cultivos múltiplos, sendo também utilizada em monocultivos de revezamento e em consórcios misturados. Pela sua rusticidade e capacidade de produção em solos de baixa fertilidade, é recomendada como fonte de matéria orgânica a ser utilizada como adubo verde na recuperação de solos naturalmente pobres em fertilidade, ou esgotados pelo seu uso intensivo. Quando

utilizado em rotação, pode resultar em aumento de produtividade da cultura subsequente, principalmente dos cereais. No caso de hortaliças, o caupi é mais indicado como pré-cultura (SOUZA; RESENDE, 2003). No entanto, pode também ser utilizado em consórcio, conforme foi constatado por Castro (2004). Ngouajio et al. (2003) observaram que o caupi tanto incorporado quanto em mulching garantiu alta produtividade à cultura de alface, tendo sido também útil na supressão de plantas espontâneas.

A cultura tem tanto a habilidade de se associar com bactérias do gênero *Rhizobium*, que são fixadoras biológicas de nitrogênio, quanto de melhorar a absorção de nutrientes por associações micorrízicas. Castro (2004) observou que caupi cultivado em consórcio com beterraba sobre mulching de milho foi capaz de incrementar 68 kg/ha de nitrogênio por fixação biológica. De acordo com Fatokum et.al. (2000), essa espécie pode fixar de 88 a 150 kg ha⁻¹ de N, porém, de acordo com Costa et al. (1992), a variação vai de 50 a 340 kg ha⁻¹ de N. A produção de fitomassa pode variar de 15 a 25 t de fitomassa verde e 3 a 5 t.ha⁻¹ de fitomassa seca/ha. De acordo com Costa et al. (1992), o caupi acumula em sua biomassa seca o equivalente a 2,6% de N, 0,20% de P, 2,82% de K, 0,92% de Ca, 0,28 % de Mg e 45,42 % de C, sendo sua relação C/N de 17,33.

Estudos mostram que caupis de seis semanas de idade podem acumular 70 a 80 kg ha⁻¹ de N na sua biomassa (SING et al., 1981 apud FRANZLUEBBERS; WEAVER; JUO, 1994). Franzluebbbers, Weaver e Juo, (1994), reportaram que em caupi, ocorre um aumento da proporção da taxa de mineralização de N conforme aumenta a idade da planta. Os autores ainda constataram que as folhas mais velhas de caupi possuíam taxa de mineralização de N menor do que as folhas novas e que após 26 dias da incorporação do caupi no solo, todo o N liberado pelo adubo verde estava presente na cultura subsequente. Hödtke et al. (1999) apud Castro (2004) observaram que sete dias após o corte do caupi, já havia um aumento de N nas folhas de milho, o que indica que os nutrientes dos adubos verdes se tornaram rapidamente disponíveis para a cultura principal.

Além de ter um rápido acúmulo de N com eficiente fixação de N₂ e alto acúmulo de massa verde, o fato dessa espécie ter relativamente baixa produção de sementes, a

faz ter um grande potencial como adubo verde (FRANZLUEBBERS; WEAVER; JUO, 1994).

2.4.3 Tremoço-branco (*Lupinus albus* L.)

O tremoço-branco (*Lupinus albus* L.) é um representante da família das leguminosas originário da região do Mar Mediterrâneo, onde seu cultivo se iniciou há mais de 2.000 anos. As referências mais antigas quanto ao cultivo dessa espécie foram feitas pelos gregos e romanos. O romano Varrão afirmava que os tremoços para adubação verde deveriam ser enterrados antes que produzissem vagens (COSTA, et al., 1992).

Dos três tremoços mais cultivados (tremoço-branco, tremoço-azul e tremoço-amarelo), o tremoço-branco é o que apresenta melhor adaptação a regiões quentes, não sendo muito exigente em fotoperíodo e frio. São plantas herbáceas, anuais de porte ereto e com o sistema radicular bastante profundo e a raiz pivotante pode atingir 2,0 metros de profundidade e realizar importantes efeitos nas características físicas, químicas e biológicas do solo (COSTA, et al., 1992). A espécie adapta-se bem a uma faixa de temperatura entre 15 e 25°C (WUTKE, 1993).

De acordo com Costa et al. (1992), os tremoços têm grande capacidade de reciclar Ca e P, além de fixar nitrogênio, tendo um importante efeito residual no solo e aumento no rendimento das culturas posteriores. Borkert et al. (2003), analisando 87 amostras de cultivos de tremoço-branco, constataram que a produção de biomassa variava de 7,0 até mais de 13 t ha⁻¹, onde dentro do intervalo de biomassa que variou entre 7,0 t ha⁻¹ e 10,0 t ha⁻¹ foram encontrados 291 kg ha⁻¹ de N, 15 kg ha⁻¹ de P, 168 kg ha⁻¹ de K, 102 kg ha⁻¹ de Ca e 23 kg ha⁻¹ de Mg. Os autores verificaram ainda que a cultura teve grande capacidade recicladora de Ca e Mg.

A época ideal de manejo dessa espécie é por volta dos 120 a 140 dias, quando as plantas estão com 80 a 150 cm, porém seu ciclo completo se dá ao redor dos 180 dias (COSTA, et al., 1992).

2.4.4 Alface (*Lactuca sativa* L.)

A alface (*Lactuca sativa* L.) pertence à família *Asteraceae* (*Compositae*) (RYDER, 1999). É uma hortaliça mundialmente popular (FILGUEIRA, 2000), sendo que no Brasil e no mundo é entre as folhosas a que tem maior importância, representando cerca de 50 % do total consumido. No Brasil a área cultivada é de cerca de 30.000 hectares com produção anual de aproximadamente 2 milhões de toneladas (YURI et al., 2002) e o Estado de São Paulo é o maior produtor com cerca de 7.300 hectares plantados. O cultivo desta hortaliça é realizado de maneira intensiva e na grande maioria por agricultores familiares (COSTA; SALA, 2005).

A cultivar de alface PiraRoxa, que tem como características folhas crespas e semi-eretas, de cor vermelha intensa, e brilhante na parte superior. É resistente a *Bremia lactucae*, *Thielaviopsis basicola* e ao vírus do mosaico da alface patótipo II. Apresenta também pendoamento lento nas condições de cultivo de verão. Dependendo da região, seu ciclo é de 35 a 45 dias após o transplante e é recomendada para cultivo tanto em temperatura amena quanto em elevada (SALA; COSTA, 2005).

De acordo com Costa¹¹, (informação verbal), essa cultivar de alface é um mutante fitocrômico que devido à alta concentração de antocianinas (responsáveis pela coloração roxa) interferem no processo fotossintético acarretando diminuição do crescimento. Os fatores que afetam o desenvolvimento desta cultivar são: (i) sombreamento: foi constatado que em cultivo protegido o sombreamento causado pelo plástico dilui a antocianina e assim a planta não fica tão roxa e consequentemente cresce mais; (ii) baixa temperatura: no frio a coloração fica mais roxa afetando negativamente dessa maneira o crescimento; (iii) nitrogênio: esse nutriente tem efeito de diluição da antocianina e consequentemente maior crescimento devido ao aparecimento de partes verdes na base das folhas.

De acordo com SALA e MINAMI ¹² (anotações de aula), a alface não é eficiente quanto à absorção de nutrientes, possuindo um ciclo curto e necessitando de

¹¹ COSTA, C. P. da. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

¹² SALA, F.C. & MINAMI, K. Anotações de aula da disciplina Horticultura I, 2006. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

fornecimento considerável de nutrientes na forma prontamente disponível (GARCIA, 1982). Dessa maneira, considera-se essa olerácea como exigente em nutrientes (KATAYAMA, 1993). A espécie tem crescimento e extração de nutrientes lentos no início do ciclo e rápidos no final, em especial após os 30 dias de transplante, sendo que a absorção de nutrientes acompanha seu desenvolvimento. Portanto, a maior exigência por nutrientes ocorre nas últimas semanas do ciclo da planta (KATAYAMA, 1993).

A alface responde à adubação orgânica e no cultivo agroecológico de hortaliças, em especial o cultivo orgânico, também freqüentemente se utilizam elevadas doses de composto orgânico como forma de adubação. Contudo, a aplicação exclusiva desses adubos tem se mostrado uma prática onerosa, uma vez que as quantidades necessárias são grandes para se atender às produções comerciais. Além disso, há a questão de que a maioria desses insumos é trazido de fora e não produzido dentro da unidade de produção. Nesse contexto, o ideal seria optar por formas de adubação mais eficientes de maneira a reduzir custos e gasto energético. Fontanétti et. al. (2006), observaram que a adubação verde poderia complementar a adubação com composto sem diferenças na produtividade, o que contribuiria na redução dos custos de produção e do aporte de nutrientes externos à propriedade. Ngouajio et al. (2003) também observaram que a adubação verde resultava em altas produtividades para a cultura da alface, o que evidencia a aptidão dessa prática para o cultivo dessa folhosa de ciclo curto.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização da área experimental

3.1.1 Localização

O experimento foi conduzido na área Agroecológica do Pólo Regional Centro-Sul da Agência Paulista de Pesquisa e Tecnologia Agropecuária (APTA), em Piracicaba, SP, cujas coordenadas geográficas são 22°42' de latitude Sul e 47°38' de longitude Oeste, e altitude de 560 m.

3.1.2 Solo

O solo da Área Agroecológica da APTA é do tipo Argissolo Vermelho Amarelo distrófico, e sua caracterização química pode ser observada na Tabela 1. De acordo com Raij et al. (1996), observa-se que este solo apresenta teor médio de pH, alto de matéria orgânica, médio de P, baixo teor de S, alto de K, altos teores de Ca e Mg, alta saturação por bases, médio para Cu, B, altos para Fe, Zn e Mn.

Tabela 1 - Características do solo da área experimental na profundidade de 0-20 cm

pH CaCl ₂	M.O. g.dm ⁻³	P mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	Al	S mg.dm ⁻³
5,35	34,75	25,50	5,5	55,25	25	32	0	3,75

SB	T	V	B	Cu	Fe	Mn	Zn
mmolc.dm ⁻³		%		mg. dm ⁻³			
85,8	117,7	72,7	0,42	4,5	51	45	3,1

3.1.3 Clima

O clima da região de Piracicaba é do tipo Cwa segundo Köeppen, sendo tropical de altitude com três meses de inverno seco (junho, julho e agosto) e chuvas no verão. A temperatura média do mês mais quente é maior do que 22°C e do mês mais frio não é inferior à 16°C, com média anual de 21,1°C; precipitação média de 1.253 mm/ano. A umidade relativa do ar é de 74% e insolação média mensal de 201,5h (2.418 lux/ano). Os dados climáticos referentes ao período de julho a dezembro de 2005 encontram-se descritos na Tabela 2. Os dados foram obtidos da estação convencional do Departamento de Ciências Exatas da ESALQ-USP. Apenas houve discrepância entre os dados de 2005 com a média dos últimos 10 anos com relação à precipitação nos meses de julho, setembro, novembro e dezembro, sendo que a precipitação foi menor em 2005 do que a média dos 10 últimos anos anteriores.

Tabela 2 - Dados climáticos referente ao período de julho a dezembro de 2005 em Piracicaba, SP

mês	RG	I	P	UR	VM	T max	T min	T med	E
jul	307	6,3	8,1	78	7,3	25,2	11,4	18,3	2,94
ago	386	7,9	24,1	69	7,8	29,2	12,2	20,7	4,62
set	362	5,4	38,4	80	8,8	26,8	14,9	20,9	3,63
out	364	4,5	120,4	81	7,1	30,4	18,3	24,3	4,81
nov	442	5,8	117,8	80	9,0	29,5	17,1	23,3	5,42
dez	451	5,3	127,1	82	8,8	29,5	17,8	23,7	5,11

RG = Radiação global cal/cm².d; I = Insolação h/d; P = Precipitação mm; UR = Umidade relativa %; VM = Vento médio km/h; T max = Temperatura máxima °C; T min = Temperatura mínima °C; T méd = Temperatura média °C; E = Evaporação mm.

3.2 Tratamentos

A cultivar de alface utilizada como cultura principal foi a PiraRoxa e as espécies de adubos verdes consorciadas foram aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) cv. comum, caupi (*Vigna unguiculata* L.) cv. IPA-206 e tremço-branco (*Lupinus albus* L.) cv. comum.

Os adubos verdes foram semeados ao longo do tempo, de modo que a cada 20 dias um tratamento era implantado. Dessa maneira, no momento do transplante das

mudas de alface, que ocorreu em 22/09/2005, os diferentes tratamentos de adubação verde em função do tempo contavam com 60 dias, 40 dias, 20 dias e 0 dias (no tratamento de 0 dias, os adubos verdes foram semeados simultaneamente ao transplante das mudas de alface), conforme pode ser observado na Tabela 3 e Figura 1.

Tabela 3 - Tratamentos utilizados no experimento

Arranjo	Cultura principal	Cultura associada (adubo verde)	Semeadura*
solteiro	Alface	-----	-----
adição	Alface	aveia-preta	0
adição	Alface	aveia-preta	20
adição	Alface	aveia-preta	40
adição	Alface	aveia-preta	60
adição	Alface	caupi	0
adição	Alface	caupi	20
adição	Alface	caupi	40
adição	Alface	caupi	60
adição	Alface	tremoço-branco	0
adição	Alface	tremoço-branco	20
adição	alface	tremoço-branco	40
adição	alface	tremoço-branco	60

*Época de semeadura da cultura associada em relação ao transplante da cultura principal (dias).

Figura 1 - Esquema dos tratamentos realizados no experimento. Parcelas: 0 - semeadura dos adubos verdes simultânea ao transplante das mudas de alface; 20 - semeadura dos adubos verdes 20 dias antes do transplante das mudas de alface; 40 - semeadura dos adubos verdes 40 dias antes do transplante das mudas de alface; 60 - semeadura dos adubos verdes 60 dias antes do transplante das mudas de alface; Subparcelas: m - monocultivo de alface (testemunha); a - consórcio de aveia-preta com alface; c - consórcio de caupi com alface; t - consórcio de tremoço-branco com alface

3.3 Condução do experimento

3.3.1 Implantação

As mudas de alface foram semeadas em bandejas de 288 células com substrato BIOMIX[®] e conduzidas em casa de vegetação com irrigação automática e foram transplantadas para as parcelas experimentais aos 28 dias após a semeadura.

Os canteiros foram preparados com o roto-encanteirador, e não houve adubação, nem inoculação para as leguminosas. Uma vez delimitadas as parcelas subdivididas, os adubos verdes foram semeados em linha, conforme pode ser observado na Figura 2.

Figura 2 - Adubos verdes com aproximadamente 20 dias de semeadura, semeados em linha para posterior consorciação com alface em esquema aditivo. (A) tremoço-branco; (B) caupi e (C) aveia-preta

Figura 4 - Mudas de alface intercaladas com adubos verdes. (C) aveia-preta semeada 20 dias antes do transplante de alface

3.3.2 Poda dos adubos verdes

Foram realizadas podas nos adubos verdes consorciados com alface. Dessa maneira, durante o cultivo da alface, os adubos verdes foram podados a uma altura de aproximadamente 20 cm, à medida que foi necessário, visando diminuir a competição por luz que poderia prejudicar o desenvolvimento das plantas de alface consorciadas. O material proveniente da poda foi pesado e redistribuído em suas respectivas parcelas, servindo como cobertura morta (Figura 5). Apenas nas parcelas cujo tratamento era de semeadura dos adubos verdes 60 dias antes do plantio de alface foi realizada poda para o plantio das mesmas, pois, como a biomassa de adubos verdes estava muito desenvolvida, poderia ocorrer maior competição por luz com as mudas de alface.

3.3.3 Tratos culturais e colheita

Foram realizadas duas colheitas de alface durante a condução do experimento. A primeira colheita foi feita 49 dias após o transplante (09/11/2005) e a segunda, 63 dias após o transplante (23/11/2005). Em cada colheita foram amostradas quatro plantas competitivas por parcela.

Os tratos culturais realizados foram irrigação por gotejo, três vezes por dia no início do ciclo da alface, e duas vezes após o pegamento das mudas, poda dos adubos verdes e capina manual para eliminação de plantas espontâneas quando necessário.

Figura 5 - Cobertura morta ("mulching") feita com material podado dos adubos verdes consorciados com alface. (A) cobertura morta de caupi com 60 dias de semeadura proveniente do material podado antes do transplante das mudas de alface; (B) cobertura morta de aveia-preta podada antes do transplante de alface, proveniente do tratamento de 60 dias de semeadura (C) cobertura morta de tremço-branco proveniente do tratamento de 40 dias

3.4 Parâmetros avaliados

3.4.1 Parâmetros avaliados para os adubos verdes

3.4.1.1 Peso fresco de adubos verdes

A biomassa dos adubos verdes foi medida em gramas após cada poda e o material resultante foi depositado na forma de cobertura morta nas respectivas parcelas.

3.4.1.2 Peso seco de adubos verdes

Parte da biomassa podada (10%) foi separada para secagem em estufa de ventilação forçada de ar a 65°C por 72 h para determinação de peso seco em gramas.

3.4.2 Parâmetros avaliados para plantas de alface

3.4.2.1 Peso fresco de cabeça

O peso fresco da parte aérea das plantas de alface foi determinado em gramas após a colheita, lavagem e retirada do excesso de água.

3.4.2.2 Peso seco de cabeça

O peso seco da parte aérea (g) foi determinado após as plantas terem permanecido em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 72 h. Por motivos de limitação de espaço, foram escolhidas ao acaso, duas das quatro plantas colhidas por parcela e por colheita.

3.4.2.3 Número de folhas

Para cada planta foi determinado o número de folhas cujo tamanho fosse superior a 4 cm.

3.4.2.4 Altura da parte aérea

A altura das plantas foi determinada em cm, após a colheita. Mediu-se a distância em cm entre o nível do solo no caule e a altura máxima de folhas.

3.4.2.5 Diâmetro da parte aérea

O diâmetro da parte aérea das plantas foi determinado após a colheita, sendo que foi determinado o valor médio da distância entre as margens em cm.

3.4.2.6 Peso fresco de raiz

O peso fresco (g) da raiz das plantas de alface foi medido após a colheita, lavagem para a retirada do solo e retirada do excesso de água.

3.4.2.7 Peso seco de raiz

O peso seco de raiz (g) foi determinado após as plantas terem permanecido em estufa de circulação de ar forçada a 65°C por 72 h. Por motivos de limitação de espaço, foram escolhidas ao acaso, duas das quatro plantas colhidas por parcela e por colheita.

3.4.2.8 Comprimento de raiz

O comprimento de raiz em cm foi determinado após a colheita, lavagem e secagem do material. Foi medida a distância da base do corte no caule até a parte apical da raiz.

3.4.2.9 Comprimento do pendão floral de plantas de alface

O comprimento do pendão floral (cm) foi determinado vinte dias após a segunda colheita, ou seja, aos 83 dias. Foram amostradas duas plantas por parcela. Mediu-se o comprimento da base da planta até o ápice do pendão.

3.5 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental adotado foi de blocos ao acaso em esquema de parcela subdividida com seis repetições. As parcelas foram representadas pelo tempo de semeadura dos adubos verdes em relação a plantio das alfaces (0, 20, 40 e 60 dias) e as subparcelas foram representadas pelos sistemas de cultivo (monocultura de alface, e os consórcios de alface com aveia-preta, caupi e tremoço-branco).

Os dados foram analisados utilizando-se o programa estatístico Sanest para análise de variância. Quando a interação entre tempo de semeadura e sistemas de cultivo apresentou significância estatística, houve desdobramento da interação. Os graus de liberdade referentes ao tempo de semeadura foram decompostos em polinômios ortogonais para a obtenção da equação de ajuste dos dados e a comparação entre as médias dos tratamentos foi feita através de Tukey, sendo que o nível de significância adotado foi de 5%.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Peso fresco de adubos verdes

Os adubos verdes foram periodicamente podados (Tabela 4) e sua biomassa foi medida a cada poda.

Tabela 4 - Número médio de podas realizadas nos adubos verdes em cada tratamento para evitar a competição por luz durante a condução da cultura de alface consorciada

Época de Semeadura *	<i>Aveia-preta</i>	<i>Tremoço-branco</i>	<i>Caupi</i>
0	1,00	1,50	2,00
20	2,16	1,33	2,83
40	2,33	2,00	3,00
60	2,16	1,83	3,00

* Época de semeadura – referente à época de semeadura dos adubos verdes (dias) em relação ao transplante da alface.

Observa-se que para os tempos 0, 20 e 40 os adubos verdes se comportaram da mesma maneira. O caupi resultou em maior produção de biomassa, sendo significativamente mais produtivo em termos de biomassa verde e a aveia-preta e tremoço-branco tiveram produção de biomassa inferiores, não diferindo estatisticamente entre si.

Nos tratamentos nos quais os adubos foram semeados 60 dias antes do transplante das alfaces, o caupi teve a maior produtividade, seguido pelo tremoço-branco, e o adubo verde que teve menor produção de biomassa foi a aveia-preta. Inclusive a produção de biomassa da aveia-preta nas épocas de 60 e 40 dias de semeadura foi praticamente igual. A provável razão dessa baixa produção de biomassa é o fato de que na poda da gramínea semeada com 60 dias de antecedência ao estabelecimento do consórcio, foi também cortado o meristema apical de parte das plantas. Dessa maneira, ocorreu maior mortalidade de aveias-pretas neste tratamento, o que prejudicou seu ganho em biomassa.

Tabela 5 - Peso fresco dos adubos verdes aveia-preta, tremoço-branco e caupi por parcela

Tempo (dias) ^a	Aveia	Tremoço	Caupi	Média
----- g.parcela ⁻¹ -----				
0	9,51 b (103,30)	15,10 b (231,67)	28,80 a (831,67)	17,80 (338,89)
20	32,29 b (1291,67)	35,30 b (1114,17)	63,23 a (4050,0)	43,61 (2151,94)
40	48,05 b (2362,5)	39,55 b (1573,33)	76,38 a (5861,67)	54,66 (3265,83)
60	48,21 c (2391,67)	65,76 b (4350,83)	101,20 a (10268,00)	71,72 (5670,17)
Média	35,27 (1537,29)	38,18 (1817,50)	67,41 (5252,89)	
CV%(a)	7,52			
CV%(b)	13,68			
F ⁽¹⁾				
Reg.Linear	**	**	**	
Reg. Quadr	**	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ $F^* = (P \leq 0,05)$; ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

Os dados foram transformados em $\sqrt{x}$ e os valores entre parênteses referem-se a dados originais.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Figura 6 - Produção de biomassa fresca de adubos verdes em função de suas épocas de semeadura em relação ao estabelecimento do consórcio. Médias seguidas da mesma letra para cada tempo de semeadura não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) = 7,52; CV%(b) = 13,68

A análise de regressão do efeito da época de semeadura dos adubos verdes sobre peso fresco de aveia-preta mostrou efeito quadrático ($P < 0,01$) descrito pela equação: $\hat{Y} = 9,53 + 1,6056x - 0,016023x^2$; $R^2 = 1,00$, estimando-se o valor de máxima produção de fitomassa em 50 dias (Figura 7). Houve efeito linear ($P < 0,01$) na produção de massa fresca de tremço-branco ($\hat{Y} = 14,29 + 0,7962x$; $R^2 = 0,95$) e caupi ($\hat{Y} = 32,86 + 1,1516x$; $R^2 = 0,97$) (Tabela 5).

Figura 7 - Peso fresco de aveia-preta em função das épocas de semeadura em relação ao transplante da alface. Os dados foram transformados em $\sqrt{x}$

4.2 Peso seco de adubos verdes

O peso seco dos adubos verdes independente da época de semeadura foi maior para o caupi, e semelhante estatisticamente entre aveia-preta e tremço-branco, conforme pode ser observado na Tabela 6 e Figura 8.

Tabela 6 - Peso seco de adubos verdes (aveia-preta, tremço-branco e caupi) por parcela

Tempo (dias) ^a	Aveia	Tremço	Caupi	Média
----- g.parcela ⁻¹ -----				
0	5,17 b (29,32)	5,80 b (34,17)	9,82 a (96,61)	6,93 (53,37)
20	11,43 b (181,39)	13,31 b (139,57)	22,82 a (527,87)	15,86 (282,94)
40	14,15 b (290,98)	16,80 b (201,85)	26,91 a (726,98)	19,29 (406,60)
60	20,81 b (441,18)	23,71 b (566,07)	35,06 a (1231,10)	26,53 (746,12)
Média	14,07 (235,72)	13,77 (235,41)	23,65 (645,64)	
CV%(a)	6,49			
CV%(b)	13,79			
F ⁽¹⁾				
Reg.Linear	**	**	**	
Reg. Quadr	*	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ $F^* = (P \leq 0,05)$; ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

Os dados foram transformados em $\sqrt{x}$ e os valores entre parênteses referem-se a dados originais.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Figura 8 - Produção de massa seca de adubos verdes em função de suas épocas de semeadura em relação ao transplante de alface para os diferentes consórcios. Médias seguidas da mesma letra para cada tempo de semeadura não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$)

Houve interação significativa entre a época de semeadura e os adubos verdes testados. Com o desdobramento da interação, observou-se efeito quadrático ($P < 0,05$) da época de semeadura na fitomassa seca de aveia-preta ($\hat{Y} = 5,43 + 0,4072x - 0,002587x^2$; $R^2 = 0,99$) (Figura 9) com valor máximo estimado em 79 dias. Foi observado efeito linear ($P < 0,01$) para tremoço-branco ($\hat{Y} = 5,30 + 0,2823x$; $R^2 = 0,95$) e para caupi ($\hat{Y} = 11,68 + 0,3991x$; $R^2 = 0,97$) (Tabela 6).

Figura 9 - Peso seco de aveia-preta nas diferentes épocas de semeadura em relação ao transplante de alface. Os dados foram transformados em $\sqrt{x}$

Além do corte do meristema apical da aveia-preta, outro fator que pode ter contribuído para sua produção significativamente inferior à do caupi é que esta gramínea juntamente com o tremoço-branco são adubos verdes de inverno, podendo ter sido desfavorecidos pelo clima que no decorrer do experimento se tornou mais quente (Tabela 1). O caupi é uma cultura de verão, sendo dessa maneira provavelmente favorecido pelo clima progressivamente mais quente.

4.3 Peso fresco de cabeça de alface

4.3.1 Primeira colheita

A primeira colheita foi realizada 49 dias após o transplante das mudas de alface para o campo. A Tabela 7 e a Figura 10 mostram os resultados de produção de massa fresca média de cabeças de alface em cultivo solteiro e em consorciação com os adubos verdes, nas diferentes épocas de semeadura dos mesmos.

Tabela 7 - Peso fresco de cabeças de alface em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia-preta</i>	<i>Alface e tremoço-branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
	----- g.planta ⁻¹ -----				
0	194,51 a	199,59 a	180,15 a	157,76 a	182,98
20	216,87 a	139,87 b	161,95 b	137,31 b	164,00
40	209,66 a	106,67 c	164,17 b	92,96 c	143,37
60	222,54 a	164,12 b	149,62 b	148,03 b	171,08
Média	210,89	152,55	163,97	134,01	
CV%(a)			16,70		
CV%(b)			17,96		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	NS	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	*	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Observa-se que quando as alfaces foram plantadas simultaneamente à semeadura dos adubos verdes, ou seja, no tempo zero, não houve diferenças significativas entre a produção nos consórcios e no monocultivo, sendo que a média para estes tratamentos foi de 182,98 g por cabeça. Com base nesse resultado, pode-se inferir que nesse esquema de consorciação não houve competição entre os adubos verdes e a cultura principal, provavelmente devido à suas alturas de copa e biomassa acumuladas que nessa fase do desenvolvimento, não ofereceram competição às plantas de alface. Esses resultados concordam com os obtidos por Sudo et al. (1997) que observaram que no consórcio entre cenoura e alface crespa Verônica e lisa Regina 71, a presença da cenoura semeada no mesmo dia do plantio de alface não interferiu seu

desenvolvimento. Outros autores como Ofori e Gamedoagbao (2005), Mueller (1996), Rezende et al. (2005) e Paula (2005) também obtiveram diferenças no desempenho de hortaliças consorciadas em relação à época do estabelecimento do consórcio, sendo que nestes casos, a época que impunha menor competição resultava em melhor desempenho.

Figura 10 - Peso fresco de cabeças de alface solteira e nos diferentes consórcios, na primeira colheita (49 dias após o transplante). Médias seguidas da mesma letra para cada tempo de semeadura não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$). CV%(a) = 16,70 ; CV%(b) = 17,96

No entanto, nesse esquema de consorciação em que o transplante das mudas da hortaliça foi concomitante à semeadura dos adubos verdes, apesar de não ter sido constatada competição, tampouco se observou a ocorrência de influência positiva da cobertura morta resultante das podas dos adubos verdes em termos de ganho de peso fresco de alface (Tabela 7 e Figura 10).

Nos tratamentos onde os adubos verdes estavam com 20 e com 60 dias de semeadura quando foram transplantadas as mudas de alface, a monocultura da hortaliça teve maior ganho em peso fresco do que nos cultivos consorciados com os adubos verdes, sendo que, dentre estes não houve diferenças estatísticas quanto a influencia no peso fresco atingido pela alface (Tabela 7 e Figura 10). Isso evidencia a presença de interação negativa entre as espécies envolvidas nestes tratamentos

consorciados, provocada provavelmente pelo efeito da competição dos adubos verdes com a hortaliça.

Para os tratamentos nos quais os adubos verdes haviam sido semeados 40 dias antes do plantio das mudas de alface, a monocultura de alface resultou em peso fresco superior ao da produção consorciada com adubos verdes, no entanto, estes diferiram entre si. O consórcio com tremoço-branco resultou em peso fresco de alface superior às alfaces consorciadas com aveia-preta e caupi (Tabela 7 e Figura 10). Observa-se que a média de peso fresco de alface em consórcio com aveia-preta e caupi nesses tratamentos, foi aproximadamente a metade da média de peso fresco para as alfaces solteiras. Esses resultados concordam com os de Hussain (2003) que observou a redução de produtividade de 68,4 % em alface consorciada com ervilha em comparação a seu monocultivo. O fato de os tratamentos de 40 dias de semeadura terem resultado em diferenças mais marcantes em relação produção de massa fresca de alface nos diferentes consórcios em relação ao cultivo solteiro poderia ser explicado pela maior competição oferecida pelos adubos verdes desse tratamento que não sofreram poda (Tabela 4) no momento do transplante das mudas de alface, como ocorreu nos tratamentos de 60 dias de semeadura dos adubos verdes. Dessa maneira, os adubos verdes do tempo de semeadura de 40 dias antes do estabelecimento do consórcio podem ter influenciado com maior intensidade o desenvolvimento das mudas da hortaliça consorciada desde o início de seu estabelecimento.

O tremoço-branco, por possuir porte mais ereto e copa mais compacta em comparação às outras espécies estudadas, permite maior incidência da radiação solar nas plantas de alface. Ofori e Gamedoagbao (2005) observaram que diferenças no porte do caupi consorciado com berinjela resultaram em diferenças da produtividade de frutos da hortaliça. No caso, as plantas de caupi de porte ereto resultaram em maior produtividade da berinjela do que os adubos verdes de porte semi-prostrado. Vários autores reportam que a redução da competição por luz através da adoção de plantas consortes de crescimento mais vertical e copa mais compacta tem resultado em maiores índices equivalentes de área em vários sistemas consorciados devido a uma maior penetração da luz (ALI, 1992; ALI, 1993; CENPUDKEE e FUKAI, 1992a, 1992b; NTARE, 1989; RAO e MITTRA, 1990; REDDY, et al., 1990). Santos et al. (2002) sugere que em

consórcios com hortaliças as combinações deveriam focar na altura da copa, além de assincronia de taxas de crescimento. De fato, Oliveira et al. (2006) observaram que a produtividade de alface consorciada com a cobertura viva de amendoim forrageiro e grama batatais cujas alturas são baixas, não diferiu da produtividade da alface em monocultivo.

Não foi encontrada interação significativa entre o tempo de semeadura de tremoço-branco e caupi e o peso fresco de cabeças de alface (Tabela 7). Entretanto, a análise de regressão revelou efeito quadrático ($P < 0,05$) das épocas de semeadura da aveia-preta no peso fresco de cabeças de alface ($\hat{Y} = 202,73 - 5,0882x + 0,073188x^2$; $R^2 = 0,95$), sendo que o valor mínimo foi estimado aos 35 dias de semeadura do adubo verde. A poda realizada dos tratamentos referentes ao tempo 60 que diminuiu a competição imposta por esses adubos verdes podendo ter influenciado esse resultado, pois, as alfaces consorciadas com aveia-preta neste caso não sofreram tanta competição quanto as transplantadas no tempo 40, e portanto alcançaram maior peso fresco. A Figura 11 ilustra a produtividade de alface consorciada com aveia-preta nas quatro épocas de semeadura.

Figura 11 - Peso fresco de cabeças de alfaces consorciadas com aveia-preta semeada em diferentes épocas (primeira colheita)

Um outro fator que pode ter influenciado o desenvolvimento das plantas de alface, paralelamente à competição por luz é a alelopatia (Rice, 1995). Nesse caso as plantas de aveia-preta podem restringir o crescimento das plantas associadas pela liberação de compostos tóxicos pelas raízes, pois se trata de uma cultura com conhecido efeito alelopático. Paes e Resende (2001) verificaram que os aleloquímicos de aveia-preta influenciaram a germinação, crescimento e produtividade da cultura subsequente. No entanto, caso o efeito alelopático tenha ocorrido, foi nos tratamentos onde a aveia-preta foi semeada em 20 dias do plantio da hortaliça em diante, pois no tratamento no qual a semeadura dos adubos verdes ocorreu em concomitância ao plantio da alface não houve diferença de peso fresco das alfaces solteiras com as consorciadas.

4.3.2 Segunda colheita

Na segunda colheita, que ocorreu 63 dias após o transplante das mudas de alface e o estabelecimento do consórcio, não ocorreu interação significativa entre a época de semeadura e os sistemas de cultivo. Nas diferentes épocas de estabelecimento da consorciação ocorreu o mesmo comportamento de ganho de massa fresca. Dessa maneira, isolou-se somente a influência dos sistemas de cultivo e das espécies envolvidas, conforme pode ser observado na Figura 12.

Santos (1993) observou o crescimento acelerado de plantas de alface nos últimos dias anteriores à colheita. No caso do presente experimento a massa fresca dobrou em duas semanas.

As alfaces em cultivo solteiro alcançaram maior peso fresco na segunda colheita, e dentre os cultivos consorciados houve apenas diferenças estatísticas entre as consorciadas com tremoço-branco e caupi, sendo que as consorciadas com tremoço-branco resultaram em maior peso fresco (Figura 12). Observa-se que o caupi foi o adubo verde que produziu maior quantidade de biomassa fresca e seca (Tabelas 5 e 6), o que aliado ao fato da cv. IPA 206 possuir ramos prostrados (SAGRILO et al., 2006), pode ter causado forte competição principalmente por luz, mesmo tendo sido realizadas podas (Tabela 4) na tentativa de diminuir essa interferência. O tremoço-branco por

possuir o porte mais ereto e menor biomassa ocasionou menor competição, resultando dessa maneira, em maior peso fresco da hortaliça consorciada em comparação ao consórcio com caupi.

Figura 12 - Peso fresco de alface em monocultivo e consórcio com adubos verdes na segunda colheita (63 dias). Médias seguidas da mesma letra para sistema de cultivo (monocultivo ou consórcios entre alface e aveia-preta, tremoço-branco e caupi) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) = 13,24 e CV%(b) = 15,64

4.4 Peso seco de cabeça de alface

4.4.1 Primeira colheita

Conforme vê-se na Tabela 8 e Figura 13, para as diferentes épocas de semeadura, o comportamento de ganho de peso seco de alface foi o mesmo de acordo com as espécies envolvidas na consorciação, sendo que o resultado para esse parâmetro foi superior no monocultivo.

Tabela 8 - Peso seco de cabeças de alface em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita

Tempo (dias) ^a	Alface solteira	Alface e aveia-preta	Alface e tremoço-branco	Alface e caupi	Média
	----- g.planta ⁻¹ -----				
0	12,49	10,54	10,03	8,72	10,45
20	11,78	7,92	9,29	7,50	9,12
40	11,29	6,68	9,13	5,36	8,11
60	12,87	8,33	8,72	8,36	9,57
Média	12,11 a	8,37 bc	9,29 b	7,48 c	
CV%(a)			11,64		
CV%(b)			16,30		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	----	----	----	NS	
Reg. Quadr	----	----	----	**	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Figura 13 - Peso seco de cabeças de alface na colheita 1 (49 dias após o transplante) colheita 2 (63 dias após o transplante). Médias seguidas da mesma letra para sistema de cultivo (monocultivo ou consórcios entre alface e aveia-preta, tremoço-branco e caupi) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) primeira colheita = 11,64; CV%(b) primeira colheita = 16,30; CV%(a) segunda colheita = 10,72; CV%(b) segunda colheita = 16,30

Dentre os sistemas consorciados, houve apenas diferença entre as alfaces consorciadas com tremoço-branco e as consorciadas com caupi, que tiveram o menor ganho de peso seco, não diferindo, porém das consorciadas com aveia-preta. A Figura

13 ilustra o peso seco de alfaces no monocultivo e nos consórcios quando colhidas aos 49 dias (primeira colheita) e aos 63 dias (segunda colheita). Esses resultados concordam com os de Negreiros et al. (2002) que observaram que em consórcio de alface com cenoura, houve menor produção de matéria seca nos sistemas consorciados em relação ao monocultivo. Santos et al. (2004) verificaram que o peso seco de mudas de alface foi menor quando em competição com as plantas de caruru roxo (*Amaranthus hybridus*) e beldroega (*Portulaca oleracea*), e maior quando não houve qualquer competição com essas plantas espontâneas.

Contudo, ao contrário do que foi observado no presente experimento, Rezende et al. (2006) verificaram que não houve diferença da massa seca de alface entre seu monocultivo e os consórcios com pimentão, pimentão e repolho, pimentão e rúcula, e pimentão e rabanete. Tolentino Júnior et al. (2002) também não encontraram diferenças entre a massa seca de alface solteira e consorciada com mandioquinha-salsa. No entanto, de acordo com o autor, no período em que a alface foi colhida, a mandioquinha-salsa apresentava desenvolvimento lento, não necessitando de altas quantidades de água, luz e nutrientes. Sendo assim, pode-se inferir que nesses casos de sucesso em experimento de consórcio entre hortaliças houve complementaridade tanto de ciclo de crescimento quanto de demanda por recursos.

Na primeira colheita não observou-se interação significativa entre as épocas de semeadura e o peso seco de alfaces consorciadas com aveia-preta e tremoço-branco (Tabela 8). Contudo, o peso seco da parte aérea das alfaces consorciadas com caupi nas diferentes épocas de semeadura apresentou comportamento quadrático ($P > 0,01$) ($\hat{Y} = 10,55 - 0,1224x + 0,001737x^2$; $R^2 = 0,92$), com o valor mínimo estimado em 35 dias (Figura 14). Os adubos verdes que estavam com 60 dias no momento do transplante das mudas de alface haviam sido podados, conseqüentemente isso diminuiu a competição oferecida por biomassa (Tabelas 4, 5 e 6), assim os tratamentos nos quais o caupi estava com 40 dias no transplante das alfaces resultaram em menor peso seco, provavelmente devido à maior competição.

Figura 14 - Peso seco de cabeças de alface consorciada com caupi nas diferentes épocas de estabelecimento do consórcio

A influência da época de estabelecimento do consórcio no peso seco da cultura consorciada concorda com Rezende et al. (2005) que também observaram em consórcio de tomate com alface em diferentes épocas de estabelecimento, que à medida em que o transplante da alface foi mais tardio, houve menor acúmulo de massa seca na parte aérea da folhosa.

4.4.2 Segunda colheita

Na segunda colheita, conforme pode ser constatado pela Figura 13 que ilustra o peso seco nas duas colheitas, o ganho de peso seco das alfaces variou apenas em função do sistema de cultivo e das espécies envolvidas. As alfaces solteiras e consorciadas com tremoço-branco alcançaram maior peso seco do que as consorciadas com aveia-preta e caupi. As alfaces consorciadas com caupi alcançaram o menor peso seco para ambas as colheitas.

Não houve interação significativa entre o tempo de semeadura e os sistemas de cultivo. Esses resultados discordam parcialmente dos obtidos por Cecílio Filho e May (2002) que relataram que no consórcio entre alface e rabanete, a massa seca da parte

aérea de alface não diferiu do monocultivo quando o consorcio foi estabelecido no tempo 0 e 7. Porém, quando se implantou a consorciação aos 14 dias a massa seca da parte aérea de alface sofreu significativa redução comparada ao monocultivo. No caso da segunda colheita do presente experimento não houve influência da época de estabelecimento.

Os resultados da consorciação em relação ao peso seco da hortaliça também diferem dos dados obtidos por Tolentino Júnior et al. (2002), que observaram que não houve diferenças entre a produtividade de massa seca de alface solteira e consorciada com mandioquinha-salsa, devido ao fato de que, neste caso, no período no qual a alface foi colhida, a mandioquinha possuía um estágio de desenvolvimento lento, não competindo por recursos.

4.5 Número de folhas em plantas de alface

4.5.1 Primeira colheita

Quando o transplante das mudas de alface foi simultâneo à semeadura dos adubos verdes (tempo zero), as hortaliças solteiras e consorciadas com aveia-preta resultaram em maior número de folhas em comparação às consorciadas com caupi, conforme pode ser observado pela Tabela 9. As alfaces consorciadas com tremoço-branco tiveram o número de folhas semelhante a todos os sistemas de cultivo. De acordo com Haag et al. (1991) apud Santos (1993), o número de folhas acompanha o ganho de peso e o desenvolvimento nas plantas de alface. Conforme se observa na Tabela 7 e Figuras 13, o peso fresco de alface não variou para os diferentes sistemas de cultivo para esta época de semeadura, e com relação ao peso seco não ocorreram diferenças entre as diferentes épocas de semeadura dos adubos verdes (Figura 8). A provável razão do menor número de folhas para as alfaces consorciadas com caupi mesmo no tempo zero é o fato de que esse adubo verde mostrou um crescimento significativamente superior do que os outros (Tabelas 5 e 6), oferecendo, dessa maneira, maior competição mesmo nesta fase do desenvolvimento.

Tabela 9 - Número de folhas em cabeças de alface quando em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita

Tempo (dias) ^a	Alface solteira	Alface e aveia-preta	Alface e tremoço-branco	Alface e caupi	Média
0	27,83 a	28,29 a	26,00 ab	23,62 b	26,44
20	27,58 a	21,21 bc	23,25 b	19,21 c	22,81
40	28,21 a	18,32 c	22,92 b	16,83 c	21,57
60	29,04 a	23,17 b	22,75 b	20,67 b	23,91
Média	28,17	22,75	23,73	20,08	
CV%(a)			8,07		
CV%(b)			9,28		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	*	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	**	NS	*	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ $F^* = (P \leq 0,05)$; $** = (P \leq 0,01)$; NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Quando os adubos verdes foram semeados 20 dias antes do transplante das mudas de alface, as hortaliças solteiras exibiram maior número de folhas e as consorciadas com caupi tiveram o menor número de folhas, diferindo das plantas consorciadas com tremoço-branco que obtiveram número de folhas intermediário.

No tempo 40, as alfaces em monocultivo também alcançaram a maior produção de folhas. Entre os consórcios, as alfaces consorciadas com tremoço-branco resultaram em maior número de folhas, diferindo do resultado observado nos consórcios com aveia-preta e caupi que alcançaram resultados inferiores. Quando a semeadura dos adubos verdes, foi realizada com 60 dias de antecedência ao transplante das alfaces, as hortaliças solteiras apresentaram maior número de folhas que os adubos verdes independente da espécie consorciada.

Foi observada resposta quadrática ($P < 0,01$) da época de semeadura da aveia-preta na produção de folhas alface ($\hat{Y} = 28,47 - 0,5381x + 0,007447x^2$; $R^2 = 0,99$) e (para caupi $P < 0,05$) ($\hat{Y} = 23,83 - 0,3656x + 0,005156x^2$; $R^2 = 0,96$), com estimativas de valores mínimos de números de folhas aos 36 e 35 dias respectivamente para aveia-preta e caupi (Tabela 9 e Figura 15). Esse comportamento pode ser explicado pelo fato de que houve poda dos adubos verdes que estavam com 60 dias antes do transplante das mudas de alface com objetivo de se evitar competição. Assim, para essa época de

semeadura houve menor competição que no tratamento 40 que não foi podado, o que resultou em maiores números de folhas tanto para as alfaces consorciadas com aveia-preta quanto para caupi.

Figura 15 - Número de folhas de alface consorciadas com aveia-preta e caupi em função da época de estabelecimento do consórcio

De acordo com Sala e Costa (2005), no ponto de colheita a cv. PiraRoxa tem em média 28 folhas, sendo seu ciclo de 35 a 45 dias. Na primeira colheita deste experimento que ocorreu aos 49 dias, apenas as alfaces solteiras estavam dentro do padrão de número de folhas do ponto de colheita para esta cultivar, com uma média de 28,17 folhas por cabeça. Portanto, pode-se dizer que as alfaces consorciadas com exceção dos consórcios com aveia-preta e tremoço-branco no tempo zero, tiveram prolongamento do ciclo devido à adoção da consorciação.

4.5.2 Segunda colheita

Na segunda colheita, para a semeadura simultânea dos adubos verdes e das hortaliças, o número de folhas das alfaces foi semelhante entre as plantas solteiras e consorciadas com aveia-preta e tremoço-branco, havendo apenas diferença das hortaliças consorciadas com caupi que resultaram em número de folhas inferior, conforme pode ser observado na Tabela 10.

Tabela 10 - Número de folhas em cabeças de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na segunda colheita

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia-preta</i>	<i>Alface e tremoço-branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
0	39,12 a	36,17 a	36,17 a	31,21 b	35,67
20	37,75 a	31,17 b	34,25 ab	31,62 b	33,67
40	39,50 a	30,87 b	35,46 a	28,08 b	33,48
60	40,08 a	32,42 b	31,46 b	30,50 b	33,61
Média	39,11	32,66	34,33	30,35	
CV%(a)			6,78		
CV%(b)			8,79		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	NS	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	NS	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces.

Como o crescimento da planta acompanha o ganho de número de folhas (Haag et al., 1991, apud Santos, 1993), observa-se nas Figuras 8 e 9 que as alfaces consorciadas com caupi alcançaram resultados de peso fresco e seco inferiores. No entanto, não mostraram diferenças das hortaliças consorciadas com aveia-preta. Contudo, os ganhos de massa fresca e seca inferiores podem estar relacionados ao menor número de folhas obtido para o transplante simultâneo à semeadura dos adubos verdes.

Aos 20 dias de semeadura dos adubos verdes, o número de folhas das alfaces solteiras foi superior aos resultados observados para aveia-preta e caupi e não foram constatadas diferenças entre a testemunha e as plantas cultivadas em consórcio com tremoço-branco. Na semeadura de 40 dias de antecedência ao estabelecimento dos

consórcios, as alfaces solteiras e consorciadas com tremoço-branco tiveram número de folhas superior às plantas consorciadas com aveia-preta e caupi e para a época de 60 dias de semeadura, assim como ocorreu na primeira colheita, as plantas solteiras apresentaram maior número de folhas que os demais tratamentos.

Na segunda colheita não houve interação significativa entre o tempo de semeadura e o número de folhas nos diferentes sistemas de cultivo.

No presente experimento, principalmente para a primeira colheita, foi constatado que o número de folhas mostrou a tendência de ser superior no cultivo solteiro de alface e inferior nas hortaliças consorciadas, nas quais ocorreu maior competição, e essa tendência foi a mesma para o parâmetro de peso fresco e seco. Os resultados encontrados concordam com os de Barros Junior (2005), que reportou que o aumento de densidade de plantio levava a competição intraespecífica entre alface e cenoura, que resultava em menor número de folhas por planta na folhosa. Negreiros et al. (2002) também observaram em consórcio de alface com cenoura, que independente da cultivar avaliada, nos sistemas consorciados, estas resultavam em menor número de folhas. No entanto, o mesmo autor observou que para algumas cultivares a porcentagem de perdas do potencial do número de folhas era menor, evidenciando a maior adaptação de certas cultivares ao cultivo consorciado do que outras. Resende et al. (2005) também relataram que em alfaces consorciadas com tomateiro, quando estas foram transplantadas 42 dias após o transplante dos tomateiros, ocorreu significativa redução do número de folhas. Com relação às espécies envolvidas na consorciação, Resende et al. (2006) observaram que alface consorciada com pimentão e pimentão + rúcula, alcançou maiores números de folhas do que no consórcio entre alface e pimentão + repolho. Esse resultado provavelmente ocorreu devido ao fato de que o repolho ofereceu maior competição para a alface, assim como alguns esquemas de adubação verde consorciados ofereceram à alface no presente experimento.

Apenas as alfaces consorciadas com caupi no tempo de estabelecimento 40 estavam dentro do padrão de número de folhas relatado por Sala e Costa (2005) na segunda colheita. Isso evidencia que para esse tratamento, o ciclo se estendeu por mais duas semanas.

4.6 Altura de plantas de alface

4.6.1 Primeira colheita

Na primeira colheita, quando os adubos verdes foram semeados simultaneamente ao plantio das alfaces, ou seja, no tempo zero, o crescimento em altura das plantas, diferiu apenas entre aveia-preta e caupi, conforme pode ser observado na Tabela 11. Para o tempo 20, o monocultivo de alfaces resultou em maior altura de plantas do que nos cultivos consorciados, não havendo diferença estatística entre estes.

Tabela 11 - Altura de plantas de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia- preta</i>	<i>Alface e tremoço- branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
	----- cm -----				
0	18,29 ab	19,33 a	19,00 ab	17,60 b	18,55
20	18,77 a	17,12 b	17,14 b	16,79 b	17,46
40	18,25 a	16,21 bc	16,98 ab	14,96 c	16,60
60	18,89 a	18,17 ab	17,56 ab	16,87 b	17,87
Média	18,55	17,71	17,67	16,55	
CV%(a)			6,23		
CV%(b)			5,60		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	NS	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	*	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

No tempo de 40 dias de semeadura, as alfaces em cultivo solteiro alcançaram alturas superiores do que as plantas consorciadas com aveia-preta e caupi, e as plantas consorciadas com tremoço-branco também diferiram das consorciadas com caupi. Com 60 dias de semeadura dos adubos verdes quando do estabelecimento do consórcio, houve apenas diferenças estatísticas entre as alfaces solteiras e em consórcio com caupi, tendo estas alcançado o menor comprimento.

Foi constatado comportamento quadrático descrito pela equação $\hat{Y} = 19,14 - 0,1785x + 0,002610x^2$, $R^2 = 0,98$ ($P < 0,05$) entre tempo de semeadura de aveia-preta e a altura de plantas de alface (Figura 16), sendo que, de acordo com a estimativa da análise de regressão a mínima altura de plantas de alface teria sido obtida aos 35 dias de semeadura dos adubos verdes. Esse comportamento provavelmente se deve à competição imposta pelas plantas de aveia-preta no tratamento 40, uma vez que não houve o manejo de poda pré-transplante como foi realizado no tratamento de 60 dias. Ofori e Gamedoagbao (2005) também verificaram significativas diferenças na altura de plantas de berinjela escarlata de acordo com diferentes épocas de semeadura de caupi, sendo que quando o plantio foi simultâneo a altura das plantas foi superior.

Figura 16 - Altura de plantas de alface consorciadas com aveia-preta semeada em diferentes épocas

4.6.2 Segunda colheita

Na segunda colheita observou-se que o parâmetro altura de alface foi influenciado apenas pelas espécies envolvidas. As alfaces solteiras ficaram mais altas que as plantas produzidas em consórcio com aveia-preta e caupi, e foram semelhantes às alturas das plantas em consórcio com tremoço-branco (Figura 17). Não houve

interação significativa entre as épocas de semeadura dos adubos verdes e a altura das plantas de alface consorciadas com estes.

Em comparação aos outros parâmetros avaliados, na altura das plantas de alface para as duas épocas de colheita ocorreram diferenças menos evidentes entre os sistemas de cultivo solteiro e consorciado, principalmente com tremoço-branco. No entanto, as diferenças ficaram mais evidentes para as plantas consorciadas com caupi que assim como nos outros parâmetros avaliados, também mostrou maior efeito de competição sobre as hortaliças. Esses resultados concordam com os de Santos (1998) que observou que plantas de couve-flor consorciadas com brócolis em arranjo aditivo resultavam em altura menor do que as couves-flor solteiras. Santos et al. (2004) também verificou redução das alturas de plantas de alface em competição com plantas de caruru roxo (*Amaranthus hybridus*) e beldroega (*Portulaca oleracea*) e Cecílio Filho e May (2002) reportaram que no consórcio entre rabanete e alface, em diferentes épocas de estabelecimento, houve redução da altura da parte aérea das plantas de rabanete em função da época de semeadura, devido à competição por luz exercida pela alface sobre as plantas de rabanete.

Figura 17 - Altura de plantas de alface na segunda colheita. Médias seguidas da mesma letra para sistema de cultivo (monocultivo ou consórcios entre alface e aveia-preta, tremoço-branco e caupi) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) = 6,20 e CV%(b) = 5,64

Ao contrário do que foi constatado no presente experimento, Negreiros et al. (2002) que observaram que no consórcio entre alface cv. Regina e cenoura, as alfaces solteiras resultaram em maior altura do que no consórcio. No entanto, para as cultivares Babá de Verão, Elisa, Great Lakes e Tainá não houve diferenças entre as alturas das plantas consorciadas e solteiras o que evidencia um comportamento diferente de acordo com a escolha de cultivares. Ofori e Gamedoagbao (2005) constataram diferenças nas alturas de plantas de berinjela consorciadas com caupis de diferentes hábitos de crescimento, sendo que os adubos verdes com hábito semi-prostrado resultaram em altura de plantas de berinjela superior. Rezende et al. (2005) reportaram que alfaces consorciadas com tomateiro em diferentes épocas de estabelecimento do consórcio ficaram com caules mais compridos, folhas mais alongadas e limbos estreitos, o que não foi evidenciado no presente experimento. Resende et al. (2006) verificaram um aumento da altura das plantas de alface promovida pela busca pela luz decorrente da competição oferecida pelas folhas de repolho nos consórcios entre pimentão + alface e pimentão + repolho + alface. Barros Júnior et al. (2005) observaram que quando as alfaces foram introduzidas no consórcio na época em que as cenouras estavam com 75 dias de ciclo, houve um aumento da altura das alfaces decorrente da competição intraespecífica entre as culturas consorciadas, o que também discorda dos resultados obtidos neste experimento.

De acordo com Gliessman (2005), muitas plantas desenvolvem folhas anatomicamente diferentes, dependendo do nível de sombra ou sol. Folhas sombreadas geralmente são mais finas e com superfície maior por unidade de peso, com epiderme mais fina, menos pigmento fotossintético, e uma estrutura de folha mais esponjosa e com mais estômatos do que uma folha exposta ao sol. No presente trabalho, foi observado, que as plantas de alface sombreadas pela competição oferecida pelos adubos verdes, ficaram com menor quantidade de pigmentos avermelhados provenientes do acúmulo de antocianina¹³ do que as plantas que estavam sujeitas a menor interferência de luz, ou seja, ficavam com cor mais esverdeada e menos

¹³ De acordo com Ryder (1999), a cor e a intensidade vermelha da folha da alface variam com o teor de clorofila e teor de antocianina. A luz do sol estimula a planta a sintetizar as antocianinas que absorvem os comprimentos de onda curtos, de modo a protegê-las (GLIESSMAN, 2005).

avermelhada, e mais tenras em comparação às plantas que recebiam mais radiação solar. Apesar disso, uma vez que a competição por luz era diminuída por meio da poda dos adubos verdes, rapidamente as folhas da cv. PiraRoxa voltavam a ter sua característica coloração vermelha brilhante. De fato, conforme reportado por Costa¹⁴ (informação verbal), o sombreamento proporcionado pelo plástico no caso de cultivo protegido, contribui para o aumento do crescimento da cv. PiraRoxa, uma vez que dilui a antocianina o que consequentemente aumenta a quantidade de partes verdes da planta. No entanto, o sombreamento causado pelos adubos verdes, por ter proporcionado uma incidência de radiação solar consideravelmente menor pode ter tido efeito negativo no desempenho da hortaliça ao invés de positivo como constatado por alguns alfacicultores. Neste caso, considera-se que, caso os adubos verdes não houvessem sido podados, as alfaces apresentariam as alterações mencionadas por Gliessman (2005), e ainda teriam a produção inferior a que foi obtida. Entretanto, como o manejo da poda diminuía parcialmente e/ou temporariamente a competição, os efeitos do sombreamento podem ter sido minimizados, de maneira que as alfaces não exibiram nitidamente os sintomas de plantas sob competição por luz. Pelo fato da cv. PiraRoxa ter seu crescimento favorecido pelo sombreamento parcial (no caso do plástico de ambientes protegidos), especula-se que caso fosse utilizada outra cultivar ao invés de um mutante fitocrômico, as diferenças entre os cultivos solteiros e consorciados poderiam ser mais evidentes.

4.7 Diâmetro de cabeças de alface

4.7.1 Primeira colheita

Como pode ser verificado na Tabela 12, para o parâmetro de diâmetro de cabeças de alface, tanto na semeadura dos adubos verdes simultânea ao transplante da alface quanto na semeadura com 60 dias de antecedência, não houve diferenças no desempenho das alfaces. Para o tempo de semeadura dos adubos verde de 20 dias

¹⁴ COSTA, C. P. da. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

antes do estabelecimento do consórcio, o diâmetro de alfaces solteiras diferiu apenas das consorciadas com caupi, que como na maioria dos parâmetros avaliados, foi o adubo verde que apresentou maiores diferenças com relação ao cultivo solteiro.

A semeadura dos adubos verdes com 40 dias de antecedência do plantio de alface resultou em diferença entre as alfaces solteiras e consorciadas com tremoço-branco e caupi, sendo que o resultado para as plantas consorciadas com aveia-preta também diferiu do diâmetro alcançado pelas alfaces consorciadas com caupi. Houve uma tendência para os diferentes parâmetros avaliados de que nos tratamentos em que os adubos verdes foram semeados com 40 dias de antecedência ao transplante das mudas de alface, que as diferenças entre o monocultivo e os consórcios fossem mais marcantes. Como já foi discutido em parâmetros anteriores, a provável razão disso é o fato de que neste tratamento não ocorreu a poda pré-transplante como no de 60 dias.

Tabela 12 - Diâmetro de cabeças de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia- preta</i>	<i>Alface e tremoço- branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
----- cm -----					
0	24,77 a	24,95 a	26,06 a	25,02 a	25,20
20	26,64 a	24,58 ab	24,27 ab	24,10 b	24,90
40	25,48 a	24,77 ab	22,64 bc	21,82 c	23,68
60	25,43 a	25,12 a	24,25 a	24,91 a	24,93
Média	25,58	24,33	24,84	23,96	
CV%(a)			4,68		
CV%(b)			6,83		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	NS	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	NS	NS	*	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Não foi encontrada interação significativa entre a época de semeadura de aveia-preta e tremoço-branco no diâmetro de cabeças alface. O efeito das épocas de semeadura de caupi em relação ao número de folhas de alface mostrou resposta

quadrática ($P < 0,05$) ($\hat{Y} = 25,35 - 0,1631 + 0,002503x^2$; $R^2 = 0,65$), sendo que neste caso,

de acordo com a análise de regressão, o ponto de mínimo diâmetro de alface foi estimado aos 33 dias de semeadura do caupi em relação ao transplante da hortaliça (Figura 18).

Figura 18 - Diâmetro de cabeças de alface consorciadas com caupi em função das diferentes épocas de semeadura em relação ao estabelecimento do consórcio

4.7.2 Segunda colheita

Na segunda colheita, nos tempos de semeadura dos adubos verdes de 0 e 20 dias em relação ao transplante das alfaces não ocorreu influência dos sistemas de cultivo no diâmetro das hortaliças (Figura 19).

Para o tempo 40, as alfaces consorciadas com tremoço-branco obtiveram maior diâmetro, diferindo estatisticamente das plantas consorciadas com aveia-preta e caupi, sendo que as alfaces solteiras também diferiram das consorciadas com caupi que alcançaram o menor. No tempo de 60 dias de semeadura dos adubos verdes antes do estabelecimento dos consórcios, apenas as alfaces solteiras diferiram das consorciadas com tremoço-branco que teve os menores diâmetros.

Figura 19 - Diâmetro de cabeças de alface solteira e consorciada com diferentes adubos verdes em diferentes épocas de estabelecimento, na segunda colheita. Médias seguidas da mesma letra para cada tempo de semeadura não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) = 15,98 e CV%(b) = 7,45

Não houve interação significativa entre as épocas de semeadura dos adubos verdes e o diâmetro alcançado pelas hortaliças consorciadas.

O diâmetro de cabeças de alface foi um parâmetro que não sofreu grande diferença entre os sistemas de cultivo como os outros parâmetros avaliados. As maiores diferenças foram obtidas para o tempo 40, pelo fato de ter ocorrido maior competição nestes tratamentos. Esses resultados de diminuição do diâmetro das plantas sob condições de competição também foram encontrados por Negreiros et al. (2002) que reportaram que alface consorciada com cenoura obteve menor diâmetro em comparação ao cultivo solteiro devido à competição por radiação solar imposta pela cenoura, da mesma maneira que os adubos verdes também competiram no presente experimento. Resende et al. (2006) obtiveram diferenças significativas no diâmetro da parte aérea de alface nos consórcios de pimentão + alface e pimentão + repolho + alface, sendo que esse resultado provavelmente se deu devido à maior competição da plantas de repolho sobre as alfaces, principalmente com relação à luz.

Ao contrário do que foi observado no presente experimento, Cecílio Filho e May (2002), verificaram que em consórcio entre rabanete e alface não houve influência dos sistemas de cultivo no diâmetro de cabeças de alface, possivelmente pelo fato de que os rabanetes não influenciaram significativamente a captura de radiação solar das plantas de alface. Oliveira et al. (2006) também não constataram diferença no diâmetro de alface plantada juntamente com a cobertura viva de amendoim forrageiro e grama batatais comparado ao cultivo convencional sem cobertura viva.

4.8 Peso fresco de raiz de alface

4.8.1 Primeira colheita

Para o parâmetro de peso fresco de raiz de alface, houve o mesmo comportamento, independente da época de semeadura dos adubos verdes (Figura 20). As alfaces crescidas em cultivo solteiro obtiveram raízes de peso fresco superiores aos demais tratamentos. As plantas consorciadas com tremoço-branco e aveia-preta não diferiram estatisticamente entre si. E as plantas consorciadas com caupi alcançaram o menor ganho de peso fresco, sendo semelhantes estatisticamente ao resultado do consórcio com aveia-preta.

Para peso fresco de raiz ocorreu efeito quadrático ($P < 0,05$) entre a época de semeadura dos adubos verdes ($\hat{Y} = 8,02 - 0,0836 + 0,001343x^2$; $R^2 = 0,98$) e o peso fresco de raiz, com o valor mínimo estimado com 31 dias de semeadura (Figura 15). O comportamento quadrático pode ser explicado pelo manejo de poda que diminuiu a competição oferecida pelos tratamentos cuja semeadura foi de 60 dias antes do estabelecimento do consórcio. Dessa maneira, o tratamento de tempo de semeadura que resultou em maior competição foi o de 40 no qual os adubos verdes de maneira geral competiram mais com a hortaliça consorciada, produzindo alfaces com menor peso fresco de raiz.

Figura 20 - Peso fresco de raízes de alface em monocultivo e consorciada com adubos verde na colheita 1 (49 dias) e colheita 2 (63 dias). Médias seguidas da mesma letra para sistema de cultivo (monocultivo ou consórcios entre alface e aveia-preta, tremoço-branco e caupi) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) primeira colheita = 12,62; CV%(b) primeira colheita = 15,65; CV%(a) segunda colheita = 17,26; CV%(b) segunda colheita = 19,81

Figura 21 - Peso fresco de raiz de alface consorciada com caupi nas diferentes épocas de semeadura do adubo verde

4.8.2 Segunda colheita

Na segunda colheita, ocorreu o mesmo comportamento para os sistemas de cultivo do que na primeira colheita, porém sem interação significativa entre a época de semeadura e os sistemas de cultivo (Figura 20). De uma maneira geral, para os diferentes parâmetros na segunda colheita houve menor influência do tempo no desempenho das hortaliças consorciadas. Dessa maneira, independente do tempo de semeadura dos adubos verdes as alfaces crescidas em cultivo solteiro obtiveram peso fresco de raízes superiores aos demais tratamentos. As plantas consorciadas com tremoço-branco e aveia-preta alcançaram peso fresco semelhante, sendo as consorciadas com tremoço diferentes apenas das consorciadas com caupi.

A quantidade de recurso capturado pelas plantas é função da sua disponibilidade no meio e da eficiência do vegetal na busca do recurso. Nesse sentido, o tamanho do sistema radicular normalmente sofre redução quando a planta cresce em competição com plantas vizinhas. Essa diminuição no tamanho pode ser atribuída à redução de água ou nutrientes, especialmente N, liberação de substâncias tóxicas das raízes ou folhas (aleloquímicos) ou produção de substâncias tóxicas durante a decomposição de plantas (KRAMER; BOYER, 1995). Além disso, uma intensa competição por luz na parte aérea, restringirá o fluxo de carboidratos para as raízes, afetando seu crescimento (LEMAIRE; MILLARD, 1999).

A interferência entre partes aérea e sistema radicular é normalmente inter-relacionada, tanto na competição intra quanto interespecífica. Um estresse significativo na parte aérea ou nas raízes induz a respostas em toda a planta (BOZSA; OLIVER, 1993). No presente experimento os resultados de peso seco de raiz obedeceram à mesma tendência do que foi observado para peso fresco da parte aérea, principalmente no caso da segunda colheita. Para esse parâmetro, Hussain (2003) também verificou que o cultivo solteiro de ervilha resultava em maior peso fresco de raiz do que quando esta estava consorciada com outras hortaliças como rabanete, alface, nabo, coentro, couve-flor e batata que competiram por recursos com as plantas de ervilha.

4.9 Peso seco de raiz de alface

4.9.1 Primeira colheita

Para o parâmetro peso seco de raiz de alface, ocorreu o mesmo comportamento dos sistemas de cultivo para as diferentes épocas de semeadura dos adubos verdes (Figura 22). Neste caso, as alfaces solteiras resultam em maior peso seco de raiz comparado às alfaces consorciadas.

Na primeira colheita houve resposta quadrática ($P < 0,01$) entre o peso seco de raiz de alface e as épocas de semeadura dos adubos verdes ($\hat{Y} = 0,72 - 0,0091x + 0,000157x^2$; $R^2 = 0,94$), sendo o mínimo peso atingido aos 29 dias de acordo com a estimativa da análise de regressão (Figura 23).

Figura 22 - Peso seco de raízes de alface em monocultivo e consorciada com adubo verde na primeira e segunda colheitas. Médias seguidas da mesma letra para sistema de cultivo (monocultivo ou consórcios entre alface e aveia-preta, tremoço-branco e caupi) não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) primeira colheita = 14,68; CV%(b) primeira colheita = 28,16; CV%(a) segunda colheita = 22,17; CV%(b) segunda colheita = 35,16

Figura 23 - Peso seco de raiz de alface em função da época de semeadura na primeira e segunda colheitas

4.9.2 Segunda colheita

Os resultados da Figura 22 mostram que ocorreu o mesmo comportamento nas diferentes épocas de semeadura dos adubos verdes para o peso seco de raízes. Houve apenas diferença no peso seco de raiz entre as alfaces solteiras e as consorciadas com caupi que tiveram o menor peso.

O efeito da época de semeadura sobre o peso seco de raiz na segunda colheita apresentou resposta quadrática ($\hat{Y} = 1,53 - 0,0192x + 0,0004x^2$; $R^2 = 0,74$) ($P < 0,05$), sendo que de acordo com a estimativa da análise de regressão o peso mínimo foi atingido aos 25 dias de semeadura dos adubos verdes (Figura 23). O comportamento quadrático na primeira e segunda colheita pode ser explicado pela maior competição quando as plantas de adubos verdes estavam entre 20 e 40 dias de semeadura no momento do transplante das mudas de alface, o que não ocorreu com o tratamento 60 que sofreu poda pré-transplante.

O peso seco de raiz de alface consorciada também obedeceu à mesma tendência de comportamento com relação aos sistemas consorciados. Esses resultados

concordam com os de Santos et al. (2004) que observaram que o peso seco de raízes de alface foi menor quando em competição com plantas caruru roxo (*Amaranthus hybridus*) e beldroega (*Portulaca oleracea*), e maior quando não houve qualquer competição entre plantas.

4.10 Comprimento de raiz de alface

De acordo com Martin e Field (1988), plantas com sistema radicular extenso têm sido associadas com grande habilidade competitiva, sendo que essa habilidade competitiva está relacionada à utilização mais eficiente dos recursos do meio no qual a planta se encontra (CASPER; JACKSON, 1997). Contudo, sabe-se que a alface é uma planta de sistema radicular superficial, e sendo assim, tem menor capacidade competitiva em termos de competição radicular, e essa menor habilidade competitiva pode se refletir inclusive em um menor desempenho da parte aérea.

Não houve influência das épocas de semeadura e nem da presença ou não de consorciação para o parâmetro de comprimento de raiz nas duas colheitas (Tabelas 13 e 14). Esses dados discordam dos de Santos et al. (2004) que obtiveram comprimento de raízes de alface menor quando estavam em competição com as plantas de caruru roxo (*A. hybridus*) e beldroega (*P. oleracea*), e maior quando não houve qualquer competição com essas plantas espontâneas. No entanto, o comprimento de raiz no presente experimento pode ter sido subestimado devido ao fato de que o método de colheita pode ter influenciado os dados. As plantas de alface foram retiradas do solo com ajuda de uma pá para que o sistema radicular não fosse quebrado de maneira a poder ser mensurado. No entanto, mesmo assim considera-se que parte do sistema radicular tenha sido comprometido, ocorrendo homogeneização dos resultados. Conseqüentemente não houve diferenças estatísticas para o parâmetro comprimento de raiz.

Tabela 13 - Comprimento de raízes de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na primeira colheita

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia-preta</i>	<i>Alface e tremoço-branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
----- cm -----					
0	10,85	10,35	9,42	11,20	10,46
20	11,64	10,35	9,90	9,62	10,34
40	10,79	10,79	10,81	10,50	10,72
60	10,27	11,37	10,25	10,08	10,49
Média	10,89 a	10,72 a	10,35 a	10,10 a	
CV%(a)	12,58				
CV%(b)	12,10				
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	----	----	----	----	NS
Reg. Quadr	----	----	----	----	NS

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Tabela 14 - Comprimento de raízes de alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi) na segunda colheita

Tempo (dias) ^a	<i>Alface solteira</i>	<i>Alface e aveia-preta</i>	<i>Alface e tremoço-branco</i>	<i>Alface e caupi</i>	<i>Média</i>
----- cm -----					
0	14,08	13,71	13,56	14,23	13,89
20	13,56	12,06	13,15	12,16	12,73
40	13,10	12,33	13,00	11,12	12,39
60	13,31	13,46	12,08	12,56	12,85
Média	13,51 a	12,89 a	12,95 a	12,52 a	
CV%(a)	10,15				
CV%(b)	13,33				
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	----	----	----	----	NS
Reg. Quadr	----	----	----	----	NS

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

4.11 Comprimento do pendão floral de plantas de alface

Para este parâmetro, não houve diferenças entre os sistemas de cultivo para os tempos 0 e 40 dias de semeadura dos adubos verdes (Tabela 15 e Figura 24). Para o tempo de semeadura dos adubos verdes de 20 dias antes do transplante da alface apenas as hortaliças solteiras diferiram das consorciadas com caupi, que na data da mensuração tiveram menor comprimento de pendão floral. No tempo de 60 dias de semeadura dos adubos verdes em relação ao plantio das alfaces também houve diferença apenas entre as alfaces solteiras e as consorciadas com aveia-preta que resultaram em menor comprimento de pendão floral.

Tabela 15 - Comprimento do pendão floral em alface em monocultivo (testemunha) e em consórcio com adubos verdes (aveia-preta, tremoço-branco e caupi)

Tempo (dias) ^a	Alface solteira	Alface e aveia-preta	Alface e tremoço-branco	Alface e caupi	Média
	----- cm -----				
0	33,54 a	39,62 a	37,66 a	35,12 a	36,48
20	36,08 a	31,12 ab	31,50 ab	29,04 b	31,93
40	36,75 a	31,14 a	34,33 a	30,31 a	33,13
60	33,37 a	26,27 b	34,79 a	29,95 ab	31,09
Média	34,93	32,04	34,57	31,10	
CV%(a)			11,23		
CV%(b)			12,98		
F ⁽¹⁾					
Reg.Linear	NS	**	NS	NS	
Reg. Quadr	NS	NS	NS	NS	

Médias seguidas de mesmas letras nas linhas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P > 0,05$).

¹ F* = ($P \leq 0,05$); ** = ($P \leq 0,01$); NS = não significativo.

^a Número de dias de semeadura dos adubos verdes antes do transplante das alfaces

Houve efeito linear decrescente ($P < 0,01$) entre o tempo de semeadura de aveia-preta e a altura do pendão floral ($\hat{Y} = 38,05 - 0,2001x$; $R^2 = 0,87$) (Figura 25), o que sugere aumento do ciclo vegetativo. De acordo com Negreiros (2002), a utilização de práticas culturais como coberturas mortas e sombreamento podem contribuir para o alongamento do ciclo vegetativo, aumentando sua produtividade. Os dados de Negreiros (2002) concordam em parte com os resultados observados no presente experimento,

uma vez que em alguns tratamentos onde houve maior competição por sombreamento, bem como maior cobertura do solo, observou-se menor comprimento do pendão floral comparado às alfaces solteiras.

Figura 24 - Comprimento do pendão floral de alface solteira e consorciada com adubos verdes nas diferentes épocas de estabelecimento do consórcio. Médias seguidas da mesma letra para cada tempo de semeadura não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). CV%(a) = 11,23; CV%(b) = 12,98

Figura 25 - Comprimento do pendão floral de alface em função da época de semeadura de aveia-preta

4.12 Considerações Finais

Para a maioria dos parâmetros de desempenho de alface avaliados, houve a tendência de os cultivos solteiros alcançarem resultados superiores, e dentre os cultivos consorciados, em alguns parâmetros, dependendo da época de estabelecimento, houve uma tendência dos consórcios entre alface e tremoço-branco resultarem em desempenhos superiores.

Apesar do material proveniente de podas dos adubos verdes consorciados ter sido utilizado como cobertura morta (“mulching”), parece não ter havido efeito positivo dessa prática em termos de produtividade para a cultura da alface. Nesse caso, o efeito da cobertura morta de adubos verdes na cultura principal pode ter sido encoberto pela forte competição intraespecífica e/ou que a taxa de mineralização e liberação dos nutrientes do mulching não coincidiu com as necessidades da hortaliça. Outro fator que pode ter interferido no aproveitamento do material depositado na forma de mulching, é o fato de o solo no local do experimento possuir elevado teor de matéria orgânica e argilas que impedem o rápido decaimento da matéria orgânica adicionada, contribuindo para o estoque e pode ter dificultado a liberação dos nutrientes para a alface.

Especula-se que o maior efeito de competição tenha sido causado por luz, uma vez que foi observado que as plantas de alface foram bastante sombreadas pelos adubos verdes, ficando mais esverdeadas, porém após a poda destes as hortaliças em poucos dias já voltavam a ficar com sua cor vermelha característica. Tem sido relatado por alfacicultores que cultivaram a cv. PiraRoxa, que seu crescimento é influenciado positivamente pelo sombreamento causado pelo plástico, no caso do cultivo protegido. No entanto, considera-se que o sombreamento imposto por alguns tratamentos no presente experimento tenha sido em uma intensidade superior, resultando em prejuízo e não em benefício ao desenvolvimento da cv. PiraRoxa. É provável que se outra cultivar de folhas crespas verdes fosse utilizada, as diferenças entre o cultivo solteiro e consorciado seriam ainda maiores, pois as plantas se desenvolveriam melhor a pleno sol, o que não acontece com os mutantes fitocrômicos como a cv. PiraRoxa.

Não foram observados sintomas de deficiência de nutrientes para as alfaces consorciadas. No entanto, antes de se afirmar que não houve competição por nutrientes

seria necessário se analisar quimicamente as folhas das hortaliças, o que não foi realizado.

Embora o aumento de produtividade da cultura principal seja altamente desejável, caso não ocorra, não se pode descartar o fato comprovado por diversos pesquisadores de que tanto a adubação verde quanto a consorciação podem resultar em benefícios secundários como o melhor uso do solo e da água, maior equilíbrio, melhor uso da área, efeito residual na cultura subsequente, maior biodiversidade no agroecossistema etc. De fato, foi observado, apesar de não ter sido mensurado, que as mudas de alface que foram consorciadas com os adubos verdes semeados 40 e 60 dias antes do transplante da hortaliça, ou seja, que foram sombreadas ou parcialmente sombreadas no momento do transplante, sofreram menos estresse devido às condições de maior conservação da umidade do solo e maior sombreamento, o que mostra a vantagem dos esquemas consorciados para esta etapa do cultivo da hortaliça. Contudo, a partir do momento em que as mudas de alface se adaptaram às condições de campo, já começaram a ser observados os efeitos da competição dos adubos verdes sobre as hortaliças (plantas esverdeadas). Outro fato observado diz respeito ao controle de plantas espontâneas. Nas parcelas que correspondiam aos tratamentos adubos verdes, principalmente nas parcelas onde havia maior biomassa a ser podada ou biomassa consorciada, o controle das plantas indesejáveis foi menor no que nas parcelas nas quais se cultivou alface solteira. Oliveira et al. (2006) também observaram a mesma vantagem ao consorciar alface com amendoim forrageiro e grama batatais. Essa economia em capina em alguns tratamentos com maior cobertura morta, poderia ter compensado, ou amortizado o gasto com mão-de-obra da operação de poda dos adubos verdes.

Provavelmente sem o manejo de poda dos adubos verdes, estes se sobressairiam no consórcio devido a seu rápido crescimento e grande acúmulo de biomassa comparado à alface, o que levaria à eliminação desta hortaliça do sistema consorciado, principalmente nos tratamentos em que os adubos verdes haviam sido semeados anteriormente ao transplante da alface. Dessa maneira, pode-se inferir que os adubos verdes utilizados neste esquema de consórcio, em especial o caupi e a aveia-preta, não são indicados para este esquema de consórcio caso não haja disponibilidade de investimento de mão-de-obra em manejo de poda.

O ideal, nesse caso, seria dar continuidade aos estudos tanto de adubação verde, no sentido de encontrar as espécies que resultem em melhores desempenhos, como foi o caso do tremoço-branco, quanto de cultivares mais adaptadas, como foi constatado por Ofori e Gamedoagbao (2005). Existe também a necessidade de pesquisa no sentido de se testar a melhor forma de manejo do sistema consorciado, de maneira a impor menor efeito de competição. Uma alternativa, neste caso, talvez fosse utilizar o esquema substitutivo ao invés do aditivo, de modo a minimizar o efeito da competição.

Existe também a necessidade de pesquisa a respeito da adubação verde na forma de cobertura morta e incorporada comparando-se diferentes épocas de incorporação, bem como diferentes épocas de depósito do adubo verde como mulching a fim de se obter a sincronia entre a liberação dos nutrientes e a demanda destes pelas hortaliças.

Seria também necessário avaliar o efeito da adubação verde consorciada na cultura subsequente, uma vez que solos cultivados com hortaliças são intensivamente utilizados, e que caso o mulching e a cobertura viva de adubos verdes não propiciem efeitos imediatos para a cultura consorciada, poderiam resultar em benefícios para a cultura subsequente.

5 CONCLUSÕES

- Para a maioria dos parâmetros avaliados a monocultura de alface mostrou melhores resultados.
- A semeadura de adubos verdes simultânea ao transplante das mudas de alface revelou menor efeito de competição para o parâmetro peso fresco na primeira colheita, porém não resultou em aumento de produtividade para essa olerácea folhosa.
- Foram constatadas maiores diferenças entre o desempenho da alface em consórcio com tremoço-branco e caupi.
- O tempo de semeadura dos adubos verdes que exerceu maior interferência negativa nos parâmetros avaliados da alface foi o de 40 dias.
- O caupi consorciado com alface e semeado com 40 dias de antecedência propiciou que as plantas de alfaces atingissem o número de folhas característico da cv. PiraRoxa apenas na segunda colheita.

REFERÊNCIAS

ALCÂNTARA F.A.; NETO, A.E.F.; PAULA, M.B.; MESQUITA, H.A.; MUNIZ, J.A. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.2, p.277-288, 2000.

ALI, M. Genotypic compatibility and spatial arrangement in chickpea (*Cicer arietinum*) and Indian mustard (*Brassica juncea*) intercropping in northeast plains. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v.62, p.249-253, 1992.

ALMEIDA, F.S. Controle de plantas daninhas em plantio direto. Londrina – IAPAR, 34 p. 1991. (Circular, 67).

ALTIERI, M.A. **Agroecology**: the science of sustainable agriculture. 2nd ed. Colorado: Boulder Westview Press, 1995. 227p.

ALTIERI, M.A. Geração de tecnologias sustentáveis apropriadas para a agricultura alternativa. In: ALTIERI, M.A. (Ed.). **Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: AS-PTA/ Agropecuária. 2002. 592 p.

ALTIERI, M.A.; ROSSET, P. Agroecology and conversion of large scale conventional systems to sustainable management. **International Journal of Environmental Studies**, Abingdon, v. 50, p.165-185, 1995.

ALVARENGA, R.C.; COSTA, L.M.; MOURA FILHO, W.; REGAZZI, A.J.; Características de alguns adubos verdes de interesse para a conservação e recuperação de solos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.2, p.175-185, 1995.

AMBROSANO, E. J.; WUTKE, E. B.; BRAGA, N. R.; MIRANDA, M. A. C. de. Leguminosas: alternativas para produção ecológica de grãos em diferentes regiões agroecológicas do Estado de São Paulo. In: AMBROSANO, E.J. (Coord). **Agricultura Ecológica**. Guaíba:Agropecuária, p.161-178, 1999.

AUBERT, C. **L'agriculture biologique**: pourquoi et comment la pratiquer. 4^{ème} ed. Paris: Lê courrier du livre, 1977. 383 p.

BARRADAS, C.A.A.; FREIRE, L.R.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H. Comportamento de alguns adubos verdes de inverno na Região Serrana Fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, p.1461-1468, 2001.

BARROS JUNIOR, A.P.; BEZERRA NETO, F.; de NEGREIROS, M.Z.; de OLIVEIRA, E.Q.; da SILVEIRA, L.M.; CÂMARA, M.J.T. Desempenho agrônômico do bicultivo da alface em sistemas consorciados com cenoura em faixa sob diferentes densidades populacionais. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.712-717, jul./set. 2005.

BAUMANN, D.T.; BASTIAANS, L.; KROPFF, M.J. Competition and crop performance in a leek-celery intercropping system. **Crop Science**, Madison, v.41, p.764-774, 2001.

BONILLA, J.A. **Fundamentos da Agricultura Ecológica**: sobrevivência e qualidade de vida. São Paulo: Nobel, 1992. 260 p.

BORKERT, C.M.; GAUDÊNCIO, C. de A.; PEREIRA, J.E.; PEREIRA, L.R.; OLIVEIRA JUNIOR, A de. Nutrientes minerais na biomassa da parte aérea em culturas de cobertura de solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.1, p.143-153, jan.2003.

BOZSA, R.C.; OLIVER, L.R. Competitive mechanisms of common cocklebur (*Xanthium strumarium*) and soybean (*Glycine max*) during seedling growth. **Weed Science**, St. Lawrence, v.38, n.4/5, p.344-350, 1990.

BULISANI, E. A.; ROSTON, A. J. Adubação verde nos estados de São Paulo, Paraná , Santa Catarina e Rio Grande do Sul. In: COSTA, M. B. da C., (Coord. pt 2) **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. p.59-81.

CALLAWAY, R.M. Positive interactions among plants. **The Botanical Review**, New York, v.61, p. 306-337, 1995.

CASPER, B.B.; JACKSON, R.B. Plant competition underground. **Annual Review Ecology and Systematic**, Palo Alto, v.28, p.545-570, 1997.

CASTRO, C.M. de; ALMEIDA, D.L. de; RIBEIRO, R.de L.D.; CARVALHO, J.F. de; Plantio direto, adubação verde e suplementação com esterco de aves na produção orgânica de berinjela. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.5, p.495-502, maio 2005.

CASTRO, C.M. de; ALVES, B.J.R.; ALMEIDA, D.J.A.; RIBEIRO, R.de L.D. Adubação verde como fonte de nitrogênio para a cultura da berinjela em sistema orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.39, n.8, p.779-785, ago. 2004.

CECÍLIO FILHO, A.B.; MAY, A. Produtividade das culturas de alface e rabanete em função da época de estabelecimento do consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.3, p.501-504, set.2002.

CENPUDKEE, U.; FUKAI, S. Cassava/legume intercropping with contrasting cassava cultivars: 1. Competition between component crops under three intercropping conditions. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 29, 113-133, 1992a.

CENPUDKEE, U.; FUKAI, S. Cassava/legume intercropping with contrasting cassava cultivars: 2. Selection criteria for cassava genotypes in intercropping with two contrasting legume crops. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.29, 135-149, 1992b.

CHASTAIN, T.G.; GRABE, D.F. Spring establishment of orchard grass weed crops with cereal companion crops. **Crop Science**, Madison, v.29, p.466-471, 1989.

CHERR, C.M.; SCHOLBERG, J.M.S.; McSORLEY, M.S. Green Manure Approaches to Crop Production: A Synthesis. **Agronomy Journal**, Madison, v.98, p.302-319, march/april, 2006.

CLEMENTS, R.O.; MARTYN, T. M.; DONALDSON, G.; WOLFE, M. Clover:cereal bi-cropping for organic farms. **Aspects of Applied Biology**, Wellsbourne v.62, p.181-186, 2000.

COMISSÃO BRASILEIRA DE PESQUISA DA AVEIA: **Indicações Técnicas para a cultura da Aveia (Grãos e forrageira)**. – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Passo Fundo, 87 p. (2003).

CONWAY, G.R. Agroecosystem Analysis. **Agricultural Administration**, Amsterdam, n.20, p. 1-30, 1985.

COSTA, B.B. da (Ed). **Adubação verde no sul do Brasil**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p,

COSTA, C.P.; SALA, F.C.A evolução da alfacultura brasileira. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, jan./mar. 2005. (artigo de capa).

CREWS, T.E.; PEOPLES, M.B. Legume versus fertilizer sources of nitrogen: ecological tradeoffs and human needs. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.102, p.279-297, 2004.

DUDA, G.P.; GUERRA, J.G.M.; MONTEIRO, M.T.; DE-POLLI, H. Perennial herbaceous legumes as live soil mulches and their effects on C, N and P of the microbial biomass. **Scientia Agricola**, Piracicaba v.60, p.139-147, 2003.

DUNN, R.A. **Soil Organic Matter, Green Manures and Cover Crops For Nematode Management**. SS-ENY-918, series of the Entomology and Nematology Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 2003. Disponível em: < <http://edis.ifas.ufl.edu/VH037> >. Acesso em: 27 abril 2006.

EHLERS, E. **Agricultura sustentável**: origens e perspectivas de um novo paradigma. São Paulo: Livros da Terra, 1996. 178 p.

ELFSTRAND, S. **Impact of Green Manure on Soil Organisms with Emphasis on Microbial Community Composition and Function**. 2007. 48 p. (Doctoral thesis). Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2007.

FANCELLI J.M.; PICKETT, S.T. Plant litter: Its dynamics and effects on plant community structure. **The Botanical Review**, New York, v.57, p.1-32, 1991.

FATOKUM, C.; TARAWALI, S.A.; SINGH, B.B.; KORMAWA, P.M.; TAMÒ, M. (Ed.). **Challenges and opportunities for enhancing sustainable cowpea production**. Proceedings of the World Cowpea Conference III held in International Institute of Tropical Agriculture (IITA). Ibadan, Nigéria, 2000. Disponível em: <<http://www.iita.org/cms/articlefiles/737-Cowpea%20proceedings%202002.pdf>>. Acesso em 22 set. 2006.

FAVERO, C.; JUCKSCH, I.; ALVARENGA, R.C., DA COSTA, L.M. Modificações na população de plantas espontâneas na presença de adubos verdes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.36, n. 9, p. 1355-1362, 2001.

FERY, R.L. New Opportunities in Vigna. In: JANIK, J.; WHIPKEY, A. (Ed.). **Trends in new crops and new uses**. ASHS Press, Alexandria, VA. p. 424-428, 2002.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa: UFV, 2000. 402p.

FLECK, N.G. **Princípios do controle de plantas daninhas**. Porto Alegre: UFRGS, 1992. 70p.

FONTANÉTTI, A.; CARVALHO, G.J.; GOMES, L.A.A.; ALMEIDA, K.; MORAES, S.R.G.; TEIXEIRA, C.M. **Adubação verde na produção de alface americana e repolho**. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.146-150, 2006.

FRANCIS, C.A. (Ed.). **Multiple Cropping Systems**. New York: Macmillan Publishing, 1986. 383 p.

FRANZLUEBBERS, K.; WEAVER, R.W.; JUO, A.S.R. Mineralization of labeled N from cowpea [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] plant parts at two growth stages in sandy soil. **Plant and Soil**, Dordrecht, n.160, p.259-266, 1994.

FUKUOKA, M. **Agricultura Natural: filosofia e prática da filosofia verde**. São Paulo: Nobel, 1995. 300 p.

GARCIA, L.L.C. **Absorção de macro e micronutrientes e sintomas de carência de macronutrientes em alface (*Lactuca sativa* L.), cv. *Brasil 48* e *Clause's Aurélia***. 1982. 78 p. (Tese Mestrado na Área de Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GILLER, K.E.; WILSON, K.F. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. United Kingdom, RedWood Press, Melksham, Wiltshire, 1993. 313 p.

GLIESSMAN, S.R. Plant interactions in multiple cropping systems. In: FRANCIS, C.H. (Ed.). **Multiple cropping**. New York: McMillan, 1986. p. 82-95.

GLIESSMAN, S.R. **Agroecologia: Processos Ecológicos em Agricultura Sustentável**. 3ª ed. Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2005. 653 p.

GRUBINGER, V. P.; MINOTTI, P. L. Managing white clover living mulch for sweet corn production with partial rototilling. **American Journal of Alternative Agriculture**, Maryland, v. 5 n.1, p.4-12, 1986.

GUZMÁN-CASADO, G. G.; SEVILLA-GUZMÁN, E.; MOLINA, M. G. **Introducción a la agroecología como desarrollo rural sostenible**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 532 p.

HAUGGAARD-NIELSEN, H.; AMBUS, P.; JENSEN, E.S. Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.70, p.101-109, 2001.

HARPER, J.L. **Population biology of plants**. London; New York : Academic Press, 1977. 892 p.

HECHT, S.B. A evolução do Pensamento Agroecológico. In: ALTIERI, M.A. (ed.). **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

HORWITH, B. A role for intercropping in modern agriculture. **BioScience**, v. 35, n. 4, p.286-291, 1985.

HUSSAIN, S.A. **Growth, Yield and Economic Impacts of Intercropping in Vegetables**. 165 p. (Doctoral thesis). NWFP Agricultural University, Peshawar, Pakistan, 2003.

IAMAMOTO, A.T.V. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural**. 79 p. (Dissertação de Mestrado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.

IKERD, J. Sustainability's Promise. **Journal of Soil and Water Conservation**. Ankeny, v.45, p.1-4. 1990.

JENSEN, E.S. Rhizodeposition of N by pea and barley and its effect on soil N dynamics. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.28, n.1, p.65-71, 1996.

KATAYAMA, M. Nutrição e adubação de chicória, almeirão e alface. In: FERREIRA, M.E.; CASTELLANE, P.D.; CRUZ, M.C.P. da (Coord.). **Nutrição e adubação de hortaliças**. Potafos, Piracicaba. p. 141-148, 1993.

KEATING, B.; CARBERRY, P.S. Resource capture and use in intercropping: solar radiation. **Fields Crop Research**, Amsterdam, v.34, p.273-301, 1993.

KHATOUNIAN, C.A. **A reconstrução ecológica da agricultura**. Botucatu: Agroecológica, 2001. 348 p.

KOEPPF, H.H.; PETTERSSON, B.D.; SCHAUMANN, W. **Agricultura Biodinâmica**. 4 ed. São Paulo: Nobel, 1986. 316 p.

KRAMER, P.J., BOYER, J.S. **Water relations of plant and soils**. London : Academic, 1995. cap.5: Roots and root systems: p.115-165.

LARSSON, L. Evaluation of mulching in organically grown black currant (*Ribes nigrum*) in terms of its effects on the crop and environment. **Acta Universitatis Agriculturae Sueciae**. Agraria, Uppsala, v.28, p.153-160, 1997.

LARSSON, L.; FERM, M.; KASIMIR-KLEMEDTSSON, A.; KLEMEDTSSON, L. Ammonia and nitrous oxide emissions from grass and alfalfa mulches. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v.51, p.41-46, 1998.

LEMAIRE, G., MILLARD, P. An ecophysiological approach to modelling resource fluxes in competing plants. **The Journal of Experimental Botany**, Oxford, v.50, n.330, p.29-37, 1999.

LIEBMAN, M.. Sistemas de Policultivos. In: Altieri, M. (Ed.). **Agroecologia: Bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: Agropecuária, 2002. 592 p.

LIEBMAN, M.; DYCK, E. Weed management. **Ecological applications**, Washington v.3, n.1, p. 40-41, 1993.

LIEDGENS, M.; SOLDATI, A.; STAMP, P. Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: (1) Shoot growth and rooting patterns. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.262, p.191-203, 2004a.

LIEDGENS, M.; FROSSARD, E.; RICHNER, W. Interactions of maize and Italian ryegrass in a living mulch system: (2) Nitrogen and water dynamics. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.259, p.243-258, 2004b.

MARTIN, M.P.L.D., FIELD, R.J. Influence of time of emergence of wild oat on competition with wheat. **Weed Research**, Oxford, v.28, n.2, p.111-116, 1988.

MASCARENHAS, H. A. A.; BULISANI, E. A.; BRAGA, N. R. Rotação de culturas. In: SIMPÓSIO SOBRE SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGRÍCOLA: região Centro-Sul do Brasil, 1984. Campinas: Fundação Cargill, 1984. p.87-112.

MITCHELL, C.E.; TILMAN, D.; GROTH, J.V. Effects of grassland plant species diversity, abundance, and composition on foliar fungal disease. **Ecology**, Washington, v.83, p.1713-1726, 2002.

MIYASAKA, S. Histórico do estudo de adubação verde, leguminosas viáveis e suas características. In: **Adubação Verde no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill. p.64-123, 1984.

MIYASAKA, S.; OKAMOTO, H. Matéria orgânica. In: WUTKE, E. B.; BULISANI, E. A.; MASCARENHAS, H.A.A., (Coord.). Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo, 1. Campinas: Instituto Agrônomo. (Documentos IAC, 35), p.1-12, 1993.

MOLLISON, B. SLAY, R.M. **Introdução à Permacultura**. São Paulo: Novo tempo, 204 p. 2003.

MORSE, R. **High-residue, no-till systems for production of organic broccoli**. Proceedings of the Southern Conservation Conference for Sustainable Agriculture. p. 48-51., 2000. Disponível em: <
http://www.ag.auburn.edu/auxiliary/nsdl/sctcsa/Proceedings/2000/2000_SCTCSA.pdf>. Acesso em 18 out. 2006.

MORRIS, R.A.; GARRITY, D.P. Resource capture and utilization in intercropping water. **Fields Crop Research**, Amsterdam, v.34, p. 303-317, 1993.

MUELLER, S. **Produtividade e rentabilidade dos consórcios alho-cenoura e alho-beterraba submetidos a distintos sistemas de controle daninhas**. 1996. 196 p.

(Tese Doutorado). Universidade Estadual Paulista “Julio de Mesquita Filho” - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. 1996.

MUREITHI, J.G.; KIAMA, J.M.; GACHENE, C.K.K.; GITAH, F.M. **Evaluation of purple vetch (*Vicia benghalensis*) as a green manure legume for Irish potato production in Matanya, Central Rift, Kenya.** In: INTERNATIONAL CROP SCIENCE CONGRESS/ 4. 2007, Brisbane, Disponível em:< <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/>>. Acesso em 12 fev. 2007.

NEGREIROS, M.Z.; BEZERRA NETO, F.; PORTO, V.C.N. et al. Cultivares de alface em sistema solteiro e consorciado com cenoura em Mossoró. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 42. 2002 Resumos. Uberlândia, v. 20, n. 2, 2002. 1 CD-ROM.

NGOUAJIO, M.; McGIFFEN Jr, M.E.; HUTCHINSON, C.M. Effect of cover crop and management system on weed populations in lettuce. **Crop Protection**, Oxford, v.22, p.57-64, 2003.

NGOUAJIO, M.; McGIFFEN, M.E. **Sustainable vegetable production: effects of cropping systems on weed and insect population dynamics.** Acta Hort. (ISHS) 638:77-83, 2004. Disponível em:http://www.actahort.org/books/638/638_8.htm. Acesso em 15 maio 2006.

NTARE, B.R. Evaluation of cowpea cultivars for intercropping with pearl millet in the Sahelian zone of West Africa. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.20, p.31-40, 1989.

OFORI, K.; GAMEDOAGBAO, D.K. Yield of scarlet eggplant (*Solanum aethiopicum* L.) as influenced by planting date of companion cowpea. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.105, p.305-312, 2005.

OLIVEIRA, F.L.; RIBAS, R.G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; PADOVAN, M.P.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; RIBEIRO, R. de L.D. **Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico.** Horticultura Brasileira, Brasília, v.23, n.2, p.184-188, 2005.

OLIVEIRA, N. G. de; DE-POLLI, H.; ALMEIDA, D.L. de; GUERRA, J.G.M. Plantio direto de alface adubada com cama de aviário sobre coberturas vivas de grama e amendoim forrageiro. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, jan./mar.p.112-117, 2006.

PAES, J.M.V.; RESENDE, A.M. Manejo de plantas daninhas no sistema de plantio direto na palha. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.208, p. 37-42, 2001.

PASCHOAL, A.D. **Produção Orgânica de Alimentos**: agricultura sustentável para os séculos XX e XXI. Piracicaba: Paschoal, 1994. 191 p.

PAULA, P.D. de; GUERRA, J.G.M.; RIBEIRO, R. de L.D.; CESAR, M.N.Z.; GUEDES, R.E.; POLIDORO, J.C.; **Rendimento Agrônômico do consórcio entre cebola e alface em sistema orgânico de produção**. 1 v. Seropédica, RJ: Embrapa, jan., 2005. (Comunicado Técnico, 74).

PIATTO, M. **Allelopathic potential of black oats (*Avena strigosa* Schreb) controlling weeds in Organic Farming**. 2004. 92 p. (Master Thesis). Universitat zu Bonn, Institut für Organischen Landbau, Bonn, 2004.

PIETERS, A.J. **Green manuring**: Principles and practices. New York: John Wiley, 1927. p. 10-16.

PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v 11, n. 129. p. 16-27, 1985.

PORTES, T. de A. Aspectos ecofisiológicos do consórcio milho x feijão. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 118, p. 30-34, 1984.

QUIN, F.M.. Introduction. In: SINGH, B.B.; RAJ, D.R.M.; DASHIELL, I.E.; JACKAI, L.E.N. (Ed.). **Advances in cowpea research**. Ibadan: IITA-JIRCAS, 1997. p.9-15.

RADOSEVICH, S. Physiological aspects of competition. In: **Weed Ecology**. 2nd ed. New York: Willey, 1986. p. 217-301.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Ed.) **Boletim Técnico 100**: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo., Campinas: Instituto Agrônômico, 1996. 285 p.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. Understanding maize-weed competition: resource competition, light quality and the hole plant. **Fields Crop Research**, Amsterdam, v.71, p.139-150, 2001.

RAO, L.J.; MITTRA, B.N. Evaluation of groundnut (*Arachis hypogea*) genotypes for intercropping with two types of pigeon-pea (*Cajanus cajan*). **Journal of Agricultural Science**, New York, v.115, p.337-342, 1990.

REDDY, K.C.; VAN DER PLOEG, J.; MAGA, I. Genotype effects in Mollet-cowpea intercropping in the semi-arid tropics of Niger. **Experimental Agriculture**, New York, v.26, p.387-396, 1990.

REIJNTJES, C.; HAVERKORT, B.; WATERS-BAYER, A. **Agricultura para o futuro: Uma introdução à agricultura sustentável e de baixo uso de insumos externos**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 324 p, 1994.

RESENDE, B.L.A., CANATO, G.H.D. AND CECÍLIO FILHO, A.B. **Productivity of lettuce and radish cultivations as a function of spacing and of time of establishment of intercropping**. Acta Hort. (ISHS) 607:97-101, 2003. Disponível em: <http://www.actahort.org/books/607/607_14.htm>. Acesso em 12 maio 2003.

REZENDE, B.L.A.; CECÍLIO FILHO, A.B.; CATELAN, F.C.; MARTINS, M.I.E.G. Análise econômica de cultivos consorciados de alface americana x rabanete: um estudo de caso. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.3, p.853-858, jul./set. 2005a.

REZENDE, B.L.A., CANATO, G.H.D., CECÍLIO FILHO, A.B. Influencia das épocas de cultivo e do estabelecimento do consórcio na produção de tomate e alface consorciados. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 29, n. 1, p.77-83, 2005b.

REZENDE, B. L. A.; CECÍLIO FILHO, A. B.; FELTRIM, A.L.; COSTA, C.C.; BARBOSA, J.C. Viabilidade da consorciação de pimentão com repolho, rúcula, alface e rabanete. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.36-41, jan./mar. 2006.

RIBAS, G.T.; JUNQUEIRA, R.M.; OLIVEIRA, F.L.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L. de; ALVES, B.J.R.; RIBEIRO, R de L.D. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v.37, n.2, p.80-84, 2003.

RICE, E.L. **Biological Control of Weeds and Plant Diseases: Advances in applied allelopathy**. University of Oklahoma Press, Norman, Oklahoma, U.S.A., 439 p. 1995.

RIGBY, D. CÁCERES, D. Organic farming and the sustainability of agricultural systems. **Agricultural Systems**. Oxford, v. 68, p. 21-40. 2001.

ROHRING, M.; STULZEL, H. A model for light competition between vegetable crops and weed. **European Journal of Agronomy**, Amsterdam, v. 14, p. 13-29, 2001.

RYDER, E.J. **Lettuce, endive and chicory**. Oxon, UK: CABI Publishing. New York, EUA: CABI Publishing, 1999. 208 p.

SAGRILO, E.; TORRES, F.E.; ABREU, F.B.; QUEIROZ, L.S.; MORAES, S.C.F.C.; DAMASCENO, J.E.; BERTONCELLO, V.; FREIRE FILHO, F.R.; ROCHA, M. de M. **Comportamento de genótipos de feijão-caupi prostrado em ambientes de Mato Grosso do Sul**. Anais do Congresso Nacional de Feijão Caupi, Teresina-PI, 22 a 25 de maio, 2006. Disponível em:< <http://www.cpamn.embrapa.br/anaisconac2006/>>. Acesso em 20 fev. 2007.

SAINJU, U.M.; SINGH, B.P.; WHITEHEAD, W.F. Comparison of the effect of cover crop and nitrogen fertilization on tomato yield, root growth, and soil properties. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v.91, p.201-214, 2001.

SALA, F.C.; COSTA, C.P. 'PIRAROXIA: cultivar de alface crespa de cor vermelha intensa. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.158-159, jan./mar. 2005.

SALGADO, A.S.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R. de L.D.; ESPINDOLA, J.A.Z.; SALGADO, J.A. de A. Consórcios de alface-cenoura e alface-rabanete sob manejo orgânico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.7, p. 1141-1147, jul. 2006.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant Physiology**. 4th ed. Belmont: Wadsworth Publishing, 1992. 1v.

SANTOS, B.M.; DUSKY, J.A.; BEWICK, T.A.; SHILLING, D.G. Mechanisms of interference of smooth pigweed (*Amaranthus hybridus*) and common purslane (*Portulaca oleracea*) on lettuce as influenced by phisforus fertility. **Weed Science**, St. Lawrence, v.52, p.78-82, jan./feb., 2004.

SANTOS, R.H.S. Crescimento, Produção e Qualidade da Alface (*Lactuca sativa* L.) Cultivada com Composto Orgânico. 1993. 114p. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1993.

SANTOS, R.H.S. **Interações interespecíficas em consórcios de olerícolas.** 1998. 129p. (Tese Doutorado). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

SANTOS, R.H.S.; GLIESSMAN, S.R.; CECON, P.R.; Crop interactions in Broccoli Intercropping. **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxford, v. 20, pp. 51-75, 2002.

SCHADER, C.; ZALLER, J.G.; KÖPKE, U. Cotton-Basil Intercropping: Effects on Pests, Yields and Economic Parameters in an Organic Field in Fayoum, Egypt. **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxford, v.23, p. 59-72, 2005.

SCHÄFER, W.; VÄISÄNEN, J.; PIHALA, M. **Technique of green mulch spreading.** Agrifood Research Finland. Agricultural Engineering Research. Vakola, 65 p, 2002. Disponível em: < <http://orgprints.org/608/01/tukimusselostus79.pdf> >. Acesso em 5 fev. 2007.

SCOFIELD, A. Organic Farming-The Origin of the Name. **Biological Agriculture and Horticulture**, Oxford, v.4, p.1-5, 1986.

SILVA, A.A.; JAKELAITIS, A.; FERREIRA, L.R. Manejo de plantas daninhas no Sistema Integrado Agricultura - Pecuária. In: ZAMBOLIM, L.; SILVA, A.A.; AGNES, E.L. (Ed.). **Manejo Integrado Integração Lavoura – Pecuária.** Viçosa, MG, 2004. p. 117-170.

SINOQUET, H.; BONHOMME, R. Modeling radioactive transfer in mixed and row intercropping system. **Agricultural and Forest Meteorology**, Amsterdam, v. 62, p.219-240, 1992.

SOUZA NETO, J.M. Época de plantio e adubação de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu e espaçamento do milho como cultura acompanhante, na formação de pastagens. 1993. 58 p. (Dissertação Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1993.

SOUZA, J. L. de; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica.** Viçosa: Aprenda Fácil. 2003. 564 p.

STEINER, R. **Fundamentos da Agricultura Biodinâmica**: vida nova para a terra. 2.ed. São Paulo: Antroposófica, 2000. 235 p.

STEELE, W.M.; ALLEN, D.J.; SUMMERFIELD, R.J. Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: **Grain Legume Crops**. SUMMERFIELD, R.J.; ROBERTS, E.H. (Ed.). London: Collins Professional and Technical Books, 1985. 859 p.

SUDO, A.; GUERRA, J.G.M.; de ALMEIDA, D.L.; RIBEIRO, R. de L.D. Avaliação do consórcio de cenoura com alface em sistema orgânico de produção. p. 1-6, 1997. (Comunicado Técnico EMBRAPA, 17).

SULLIVAN, P. **Overview of Cover Crops and Green Manures**. ATTRA, Davis-California. 2003. Disponível em: <<http://attra.ncat.org/attra-pub/PDF/covercrop.pdf>>. Acesso em 3 abril 2006.

THORUP-KRISTENSEN, K. Root growth and nitrogen uptake of carrot, early cabbage, onion and lettuce following a range of green manures. **Soil use and Management**, Oxford, v.22, p.29-38, march, 2006.

TOLENTINO JÚNIOR, C.F.; HEREDIA ZARATE, N.A.; VIEIRA, M.C. Produção de mandioquinha-salsa consorciada com alface e beterraba. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v.24, n.5, p.1447-1454, 2002.

TREMMELE, D.C.; BAZZAZ, F.A. How neighbor canopy architecture affects target plant performance. **Ecology**, Washington, v.74, p.2114-2124, 1993.

TRENBATH, B.R. Plant interactions in mixed crops communities. In: PAPENDICK, R.I.; SANCHEZ, P.A.; TRIPLETT, G.B. (Eds). **Multiple cropping**. Madison: American Society of Agronomy, 1976. p.129-160.

TRENBATH, B.R. Intercropping for the management of pests and diseases. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.34, p.381-405, 1993.

TSAY, J.S.; FUKAI, S. WILSON, G.L. Intercropping cassava with soybean cultivars of varying maturities. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.19, p.211-226, 1988.

TURGUT, I.; BILGILI, U.; DUMAN, A.; ACIKGOZ, E. Effect of green manuring on the yield of sweet corn. **Agronomy for Sustainable Development**, Les Ulis, INRA, v.25, p.433-438, 2005.

VANDERMEER, J. H. **The ecology of intercropping**. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. 237p.

WATIKI, J.M.; FUKAI, S.; BANDA, J.A. Radiation interception and growth of maize plant density and cowpea intercrop as affected by maize plant density and cowpea cultivar. **Field Crops Research**, Amsterdam, v.35, p.123-133, 1993.

WEIBULL, J.; BOJENSEN, L.L.J.; RASOMAVICIUS, V. **Avena strigosa in Denmark and Lithuania: prospects for in situ conservation**. PGR Newsletter, FAO Biodiversity, v. 131, p. 1-6, 2007. Disponível em: <
http://www.biodiversityinternational.org/publications/pgrnewsletter/article.asp?id_article=66&id_issue=131>. Acesso em 15 mar. 2007.

WHITEHEAD, W.F.; SINGH, B.P. Fresh-market Tomato Gas Exchange, Biomass, and Fruit Yield are Similar with Legume Cover Crops or Synthetic Nitrogen Fertilizer. **HortScience**, Alexandria, v. 40, n.1, p. 209-213, 2005.

WILLEY, R.W.. Resource use in intercropping systems. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 17, p. 215-31, 1990.

WILSON, B.J. SHOOT COMPETITION AND ROOT COMPETITION. **Journal of Applied Ecology**, Oxford, v.25, n.2, p.279-296, 1988.

WISNIEWSKI, C.; HOLTZ, G.P. Decomposição da palhada e liberação de nitrogênio e fósforo numa rotação aveia-soja sob plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.32, n.11, p.143-153, 1997.

WITTEWER, S.H.. Food production: technology and the resource base. **Science**, Washington, v.188, p. 579-88, 1975.

WIVSTAD, M. Nitrogen mineralization and crop uptake of N from decomposing ¹⁵N labeled red cover and yellow sweetclover plant fractions of different age. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.208, p.21-31, 1999.

WUTKE, E. B. Adubação verde: manejo da fitomassa e espécies utilizadas no Estado de São Paulo. In: WUTKE, E.B.; BULISANI, E.A. e MASCARENHAS, H.A.A. (Coord.) **Curso sobre adubação verde no Instituto Agrônomo, 1.** Campinas: Instituto Agrônomo, p.17-29, 1993. (Documentos IAC, 35)

WUTKE, E.B.; MASCARENHAS, H.A.A.; BRAGA, N.R.; TANAKA, R.T.; MIRANDA, M. A.C. de; POMPEU, A.S.; AMBROSANO, E.J. Pesquisas sobre leguminosas no Instituto Agrônomo e suas contribuições para o desenvolvimento agrícola paulista. **O Agrônomo**, Campinas, v. 53, n. 1, p. 29-32, 2001.

YURI, J.E.; MOTA, J.H.; SOUZA, R.J.; RESENDE, G.M.; FREITAS, S.A.C.; RODRIGUES JÚNIOR, J.C. **Alface americana: cultivo comercial.** Lavras: UFLA, 2002. 49 p. (Texto Acadêmico, 13).

ZARATE, N.A.H.; VIEIRA, M do C.; de OLIVEIRA, A.C.P.; de LIMA, A.A. Produção e renda bruta de dois cultivares de taro em cultivo solteiro e consorciado com alface. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.26, n.3, p. 283-290, jul./set. 2005.

REFERÊNCIAS DA INTERNET

www.lce.esalq.usp.br/postocon.html acesso em 20/02/2007.

www.bioversityinternational.org/publications/pgrnewsletter/article.asp?id_article=66&id_issue=131 acesso em 02/03/2007.