



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ADUBAÇÃO VERDE EM CULTIVO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE  
PIMENTA-BIQUINHO (*Capsicum chinense*) EM SISTEMA ORGÂNICO**

**GABRIEL FERRAZ DE ARRUDA DEDINI**

**Araras**

**2012**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL**

**ADUBAÇÃO VERDE EM CULTIVO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE  
PIMENTA-BIQUINHO (*Capsicum chinense*) EM SISTEMA ORGÂNICO**

**GABRIEL FERRAZ DE ARRUDA DEDINI**

ORIENTADOR: PROF<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI  
CO-ORIENTADOR: PROF. Dr. FERNANDO CESAR SALA

Dissertação apresentada ao Programa  
de Pós-Graduação em Agroecologia e  
Desenvolvimento Rural como requisito  
parcial à obtenção do título de  
**MESTRE EM AGROECOLOGIA E  
DESENVOLVIMENTO RURAL**

Araras

2012

**Ficha catalográfica elaborada pelo DePT da  
Biblioteca Comunitária da UFSCar**

D299av Dedini, Gabriel Ferraz de Arruda.  
Adubação verde em cultivo consorciado para produção de  
pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*) em sistema orgânico  
/ Gabriel Ferraz de Arruda Dedini. -- São Carlos : UFSCar,  
2013.  
66 f.

Dissertação (Mestrado) -- Universidade Federal de São  
Carlos, 2012.

1. Adubação verde. 2. Adubos verdes - consórcio com  
pimenta-biquinho. 3. Agricultura orgânica. 4. *Capsicum  
chinense*. 5. Taxa de decomposição. I. Título.

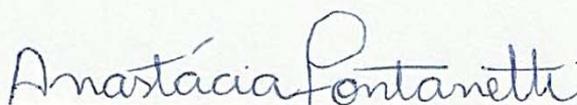
CDD: 631.874 (20<sup>a</sup>)

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO  
DE

**GABRIEL FERRAZ DE ARRUDA DEDINI**

APRESENTADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AGROECOLOGIA E DESENVOLVIMENTO RURAL, DA UNIVERSIDADE  
FEDERAL DE SÃO CARLOS, *EM 04 DE MAIO DE 2012.*

BANCA EXAMINADORA:



---

**PROFA. DRA. ANASTÁCIA FONTANETTI**

**ORIENTADORA**

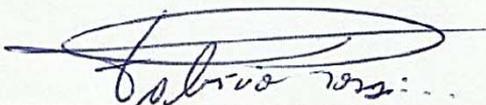
**PPGADR/UFSCar**



---

**DRA. IZABEL CRISTINA DOS SANTOS**

**EPAMIG/URES M**



---

**PROF. DR. FABRÍCIO ROSSI**

**FZEA/USP**

“Quem anda no trilho é trem de ferro, sou  
água que corre entre pedras: liberdade caça jeito.”

Manoel de Barros

Dedico este trabalho aos que  
viver da terra e dela cuidam.

## AGRADECIMENTOS

À família, Lineu (*in memorian*), Lélia (*in memorian*), Tisélio, Eliana, Remo, Rosana, Marina e Bruno. Que sem dúvida são o meu maior prêmio, maior orgulho.

À minha orientadora professora Dra. Anastácia Fontanetti, por ter acreditado que seria possível e mesmo com todas as dificuldades, nós conseguimos. Foram dois anos de trabalho duro no campo e no laboratório, foram inúmeras reuniões de planejamento, inúmeras horas escrevendo e reescrevendo - interpretando análises, laudos e tabelas. Hoje encerro esse ciclo satisfeito, feliz e honrado por ter sido não apenas seu aluno, mas também seu orientado.

Ao meu co-orientador professor Dr. Fernando César Sala, que foi um articulador fundamental para o bom desenvolvimento do trabalho.

Aos meus professores e amigos do programa de pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural - PPGADR. Em especial a Cláudia Junqueira, e aos professores Dr. Luiz A. C. Margarido e Dr. Marcos S. Vieira.

A CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) pelo auxílio financeiro.

Aos coordenadores do programa de pós-graduação em Agroecologia e Desenvolvimento Rural por acreditarem e batalharem em prol do curso.

Aos amigos da Seção Agrícola - CCA-UFSCar, Marcos Pavão, João Marcos, Gilberto e Pereira pela pronta colaboração nas atividades de campo ao longo do projeto.

Aos amigos do Laboratório de Alimentos Orgânicos - CCA-UFSCar, Ricardo, João e ao professor Dr. Castilho pelo apoio.

Aos meus professores e amigos da Universidade Federal de Santa Catarina, onde me formei e dei meus primeiros passos como Engenheiro Agrônomo.

Aos amigos que ficaram longe, mas que estão sempre conosco, aos que conhecemos pelo caminho, e também aqueles dos quais já não temos mais notícias.

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	iii
RESUMO .....	iv
ABSTRACT.....	v
<b>CAPÍTULO 1</b> .....	1
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
INTRODUÇÃO .....	2
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
2.1. Pimentas: Contextualização .....	4
2.2. Adubação Verde .....	5
2.3. Adubação verde na produção de hortaliças.....	7
2.4. Decomposição e mineralização de fitomassa de adubos verdes.....	9
2.5. Demanda nutricional da Pimenteira .....	10
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	13
<b>CAPÍTULO 2</b> .....	17
ADUBAÇÃO VERDE EM CULTIVO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE PIMENTA-BIQUINHO .....	17
RESUMO .....	18
ABSTRACT.....	19
INTRODUÇÃO .....	20
MATERIAL E MÉTODOS.....	21
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
CONCLUSÃO .....	28
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	29
<b>CAPÍTULO 3</b> .....	35
PRODUÇÃO DE FITOMASSA, ACÚMULO DE NUTRIENTES E DECOMPOSIÇÃO DE ADUBOS VERDES EM CULTIVO CONSORCIADO COM A PIMENTA-BIQUINHO.....	35
RESUMO .....	36
ABSTRACT.....	37

INTRODUÇÃO .....	39
MATERIAL E MÉTODOS.....	41
RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	44
CONCLUSÃO .....	48
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	48

## ÍNDICE DE TABELAS

### CAPÍTULO 2

**Tabela 1.** Valores médios do diâmetro transversal da copa, altura, produtividade e número de frutos das pimenteiras (*Capsicum chinense*) aos 140 dias após o transplântio (DAT) Araras, UFSCar, 2011.. ..... 31

**Tabela 2.** Estimativas dos contratos para o diâmetro transversal da copa, altura, produtividade e número de frutos das pimenteiras (*Capsicum chinense*) entre os cultivos consorciados e o cultivo exclusivo com adubação mineral Araras, UFSCar, 2011.....32

**Tabela 3.** Valores médios dos teores foliares de macronutrientes em *Capsicum chinense* aos 75 dias após o transplântio Araras, UFSCar, 2011.....35

**Tabela 4.** Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em *Capsicum chinense* aos 110 dias após transplântio (DAT) Araras, UFSCar, 2011..... 36

### CAPÍTULO 3

**Tabela 1.** Valores médios de massa verde das espécies de adubos verdes em função das épocas de corte 75 e 90 dias após plantio (DAP). Araras, UFSCar, 2011..... 52

**Tabela 2.** Valores médios de massa seca (MS) e de acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e Magnésio (Mg) das espécies de adubos verdes em função das épocas de cortes 75 e 90 dias após plantio (DAP). Araras, UFSCar, 2011. .... 53

**Tabela 3.** Acúmulos de potássio (K) e cálcio (Ca) nos adubos verdes e nas épocas de cortes 75 e 90 dias após plantio (DAP). Araras, UFSCar, 2011..... 54

**Tabela 4.** Equações das estimativas da decomposição da massa seca com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas. Araras, UFSCar, 2011..... 60

**Tabela 5.** Equações das estimativas da mineralização do nitrogênio com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas. Araras, UFSCar, 2011..... 56

**Tabela 6.** Equações das estimativas da mineralização do fósforo com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas. Araras, UFSCar, 2011..... 57

**Tabela 7.** Equações das estimativas da mineralização do potássio com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas. Araras, UFSCar, 2011..... 58

## ÍNDICE DE FIGURAS

### ANEXOS.

<b>IMAGEM:</b> .....	593
Localização da área experimental. Destaque em amarelo para a área útil (800 m <sup>2</sup> ) destinada ao experimento: Adubação verde em cultivo consorciado para produção de Pimenta-biquinho. ....	59
<b>FIGURAS:</b> .....	604
<b>Figura 1.</b> Instalação do experimento – CCA/UFSCar.....	604
<b>Figura 2.</b> Transplântio das mudas de Pimenta-biquinho ( <i>Capsicum chinense</i> ). .....	615
<b>Figura 3.</b> Semeadura dos adubos verdes, crotalaria-júncea ( <i>Crotalaria juncea</i> L.) e feijão-de-porco ( <i>Canavalia ensiformis</i> D.C.). ....	626
<b>Figura 4.</b> Desenvolvimento vegetativo das plantas, 15 dias após o transplântio das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes, em primeiro plano, plantas de crotalaria-júncea. ....	627
<b>Figura 5.</b> Desenvolvimento vegetativo das plantas, 30 dias após o transplântio das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes, em primeiro plano, plantas de feijão-de-porco. ....	648
<b>Figura 6.</b> Corte da crotalaria-júncea aos 75 dias após o transplântio das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes. ....	69
<b>Figura 7.</b> Frutos de Pimenta-biquinho na primeira colheita. ....	70

## **ADUBAÇÃO VERDE EM CULTIVO CONSORCIADO PARA PRODUÇÃO DE PIMENTA-BIQUINHO (*Capsicum chinense*) EM SISTEMA ORGÂNICO**

**Aluno:** GABRIEL FERRAZ DE ARRUDA DEDINI

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI

**Co-orientador:** Prof. Dr. FERNANDO CESAR SALA

### **RESUMO**

O cultivo das pimentas ocorre praticamente em todas as regiões do país e é uma das culturas que melhor exerce a integração pequeno agricultor-agroindústrias. Dessa forma é desejável o desenvolvimento de tecnologias que conciliem a produção de pimentas com a conservação dos recursos naturais, permitindo a recuperação dos solos e a estabilidade econômica das famílias que dependem desse sistema. O objetivo desse trabalho foi avaliar o efeito das espécies e manejos dos adubos verdes na nutrição mineral, crescimento e produtividade da Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*). O experimento foi conduzido no ano agrícola 2010/2011 no Centro de Ciências Agrárias, UFSCar, município de Araras-SP. Os tratamentos foram constituídos pela combinação entre as espécies de adubos verdes: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.) e crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.), e três formas de manejo dos adubos verdes em consórcio com a Pimenta-biquinho: adubos verdes cultivados durante todo o ciclo das pimenteiras; adubos verdes manejados (cortados) na floração das pimenteiras (75 dias após transplantio-DAT); adubos verdes manejados por ocasião da primeira colheita dos frutos das pimenteiras (90 DAT). E um tratamento adicional (testemunha), cultivo exclusivo das plantas de Pimenta-biquinho com adubação mineral. Os resultados obtidos permitiram concluir que as espécies crotalária-júncea e feijão-de-porco conduzidas em consórcios com as plantas de Pimenta-biquinho, quando manejados aos 75 dias após o transplantio da olerícola, promoveram aumento na altura e no diâmetro de copa das pimenteiras, e produtividade de frutos semelhante ao cultivo exclusivo da pimenteira com uso da adubação mineral. De forma geral, as liberações dos nutrientes da fitomassa dos adubos verdes acompanharam a demanda nutricional das plantas de Pimenta-biquinho, independente da época de corte. Porém, o feijão-de-porco conduzido durante todo o ciclo da pimenteira reduziu a produtividade de frutos, provavelmente pela competição estabelecida entre o adubo verde e a pimenteira.

**Palavras-chaves:** leguminosas, taxa de decomposição, produtividade, épocas de cortes.

## **GREEN MANURE IN THE INTERCROPPING PRODUCTION OF PEPPER-POUT (*Capsicum chinense*) IN ORGANIC SYSTEM**

**Author:** GABRIEL FERRAZ DE ARRUDA DEDINI

**Adviser:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. ANASTÁCIA FONTANETTI

**Co-adviser:** Prof. Dr. FERNANDO CESAR SALA

### **ABSTRACT**

The cultivation of peppers occurs in practically all regions of the country and is one of the crops that better integration exerts between the small farmer and the agribusiness. Thus it is desirable to develop technologies that combine the production of peppers with the conservation of natural resources, allowing recovery of soils and the economic stability of families that depend on this system. The aim of this study was to evaluate the effect of species and managements of green manure on mineral nutrition, growth and productivity of pepper-pout (*Capsicum chinense*). The experiment was conducted in the agricultural year 2010/2011 at the Center for Agricultural Sciences, UFSCar, Araras-SP. The treatments were a combination between green manure species: bean (*Canavalia ensiformis* DC) and sunn-hemp (*Crotalaria juncea* L.), and three forms of management of green manure in consortium with pepper-pout: green manures grown throughout the cycle of pepper, green manures managed (cut) in the flowering of pepper (75 days after transplanting, DAT), green manures handled at the first harvest of the fruits of pepper (90 DAT). And one more treatment (control), only with the pepper-pout plants, with mineral fertilization. The results showed that the species *Crotalaria juncea* and bean-pig conducted in consortia with plants of pepper-pout, when handled at 75 days after transplanting of vegetable crop, caused an increase in height and canopy diameter of pepper and fruit yield similar to the cultivation of pepper with exclusive use of mineral fertilizer. Overall, the releases of nutrients from biomass of green manure followed the nutritional demand of pepper plants-pout, regardless of the time of cutting. But the bean-pig conducted throughout the cycle of pepper reduced fruit yield, probably by competition established between green manure and pepper.

**Key words:** leguminous plants, decomposition rate, productivity, epochs by cutting.

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUÇÃO GERAL**

## INTRODUÇÃO

A produção agrícola familiar está cada vez ganhando maior validade política, social e acadêmica, em parte pela sua importância econômica, mas também correlacionada e respaldada por questões sociais e ambientais. No ano de 2005 a agropecuária nacional foi responsável por 27,9% do PIB nacional, sendo que o segmento familiar da agropecuária brasileira e as cadeias produtivas a ela interligadas representaram 9,0% do PIB, evidenciando a importância da agricultura familiar na geração de riqueza do país (Guilhoto *et al.*, 2007).

O fortalecimento desse setor não depende apenas da valorização do potencial econômico da produção familiar, mas também do reconhecimento da sua contribuição para a segurança alimentar e do seu papel social. Para que isso aconteça é necessária a intensificação das ações de inclusão social e tecnológica, permitindo a fusão do saber popular e do conhecimento tecnológico, visando aperfeiçoar o uso dos recursos locais, produzindo em quantidade e com qualidade, minimizando os riscos ao ambiente e permitindo sua inserção nos mercados cada vez mais competitivos (Fontanétti & Santos, 2010).

O cultivo de pimentas ajusta-se bem aos modelos de agricultura familiar e de integração pequeno agricultor-agroindústria. Sua importância socioeconômica é muito grande, por permitir a fixação de pequenos produtores rurais e suas famílias no campo, a contratação sazonal de mão-de-obra durante o período de colheita e o estabelecimento de novas indústrias processadoras e conseqüentemente, a geração de novos empregos (Pinto *et al.*, 2010).

No entanto, algumas especificidades da produção das pimenteiras, como o ciclo de cultivo com variação entre 7 a 9 meses, conforme a espécie, e o espaçamento entre as fileiras de 1,2 a 1,5 m (Pinto *et al.*, 2007), favorecem a exposição do solo aos processos erosivos. Solos descobertos, compactados superficialmente ou demasiadamente movimentados são mais propensos ao processo erosivo e, conseqüentemente, ao menor acúmulo de matéria orgânica

no perfil. A manutenção da fertilidade em solos tropicais passa primeiramente pela sua proteção. Nesse sentido, práticas agrícolas que aumentem a cobertura do solo são essenciais para a manutenção da fertilidade do sistema (Fontanétti & Santos, 2010).

Dentre os processos biológicos aplicados a agricultura, a adubação verde tem sido amplamente divulgada e estudada, principalmente em relação a sua contribuição para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo.

A adubação verde é um exemplo de manejo eficiente para a cobertura do solo e da matéria orgânica. Além disso, seu cultivo nas entrelinhas das pimenteiros pode trazer vantagens adicionais como o fornecimento de nitrogênio e o controle das ervas espontâneas. Porém, os processos que regulam a consorciação entre as pimenteiros e as espécies de adubos verdes precisam melhor estudados. Um dos principais desafios está em definir quais as espécies de adubos verdes mais se ajustam ao sistema consorciado, e que ao mesmo tempo também se adaptem as características climáticas de cada região. Assim, existe a necessidade de avaliar o comportamento das espécies de adubos verdes associadas às pimenteiros, a melhor época de manejo para fornecimento de nutrientes e a redução de sua interferência.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Pimentas: Contextualização

As pimentas e os pimentões pertencem à família *Solanaceae* e ao gênero *Capsicum*. Este gênero possui entre 20 a 25 espécies, normalmente classificadas de acordo com o nível de domesticação. O gênero *Capsicum*, incontestavelmente exclusivo das Américas, se expandiu com grande velocidade para outras partes do mundo a partir do século XVI, quando o relacionamento entre as populações européias e os povos indígenas foi intensificado. Vale ressaltar, que o plantio de pimenta por tribos indígenas continua até hoje, como entre os índios Mundurucus, na Bacia do Rio Tapajós (Rufino & Penteado, 2006).

O Brasil destaca-se por possuir ampla diversidade de pimentas, e contempla quatro espécies domesticadas, dentre estas se destaca a Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*). A *Capsicum chinense* é endêmica e possui seu centro de origem na bacia amazônica (Garcia, 1991); está entre as mais utilizadas pela agricultura familiar por sua elevada produtividade, e valor gastronômico, permitindo ao agricultor obter a sua comercialização na forma processada.

A área cultivada com pimentas no Brasil é de cerca de dois mil hectares e os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul. A produtividade depende da espécie cultivada e do nível tecnológico, variando de 10 a 30 t ha<sup>-1</sup>. Na atualidade há crescente demanda do mercado, estimado em 80 milhões de reais ao ano, o que vem impulsionando o aumento da área cultivada e o estabelecimento de pequenas agroindústrias familiares, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) importante para o país. Parte da produção de pimentas é consumida no mercado interno e parte é exportada em diferentes formas, como páprica, pasta, desidratada e conservas (Rufino & Penteado, 2006).

## 2.2. Adubação Verde

A adubação verde consiste em cultivar plantas que favoreçam e sirvam como elemento de manejo dinâmico e conservacionista do solo; estreitando a relação solo-planta-microorganismos, devido a uma série de interações positivas na ecologia do sistema como um todo. Dentre os efeitos da adubação verde sobre as propriedades do solo estão o aumento do teor de matéria orgânica, que favorece a disponibilidade de nutrientes para a planta, pela maior capacidade de troca de cátions efetiva do solo; o aumento do poder tampão do solo, e o favorecimento da produção de ácidos orgânicos, os quais são de fundamental importância para a solubilização de minerais e a diminuição do teor de Al trocável (Franchini *et al.*, 2003; Alcântara *et al.*, 2000).

Em curto prazo a adubação verde constitui, ainda, uma alternativa viável de fornecimento de nutrientes para culturas semeadas em sucessão. No entanto, sabe-se que esses efeitos são variáveis, dependendo da espécie utilizada, do manejo dado à fitomassa, 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).

As leguminosas encontram-se entre as espécies mais utilizadas na adubação verde por fixarem o nitrogênio atmosférico por meio de simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium* e *Bradyrhizobium* nas raízes e também pela presença de um sistema radicular profundo e ramificado, capaz de extrair nutrientes das camadas mais profundas do solo liberando-os gradualmente nas camadas superficiais, durante o processo de decomposição (Fiorin, 1999).

A produção de fitomassa dos adubos verdes é de grande importância, pois dela depende a quantidade de matéria orgânica a ser fornecida ao solo. Na literatura, de modo geral, observa-se grande variação nos valores de produção de fitomassa dos adubos verdes, pois essa pode ser influenciada por diversos fatores como: densidade da semeadura, época de plantio e corte. Além disso, algumas espécies apresentam sensibilidade ao fotoperíodo, e as condições edafoclimáticas. A densidade de plantio tem grande influência na produção de fitomassa principalmente nas espécies de adubos verdes de porte

ereto, estatura baixa a média e arquitetura cônica, o que não se verifica nas espécies rasteiras (Fernandes *et al.*, 1999).

O manejo dado à fitomassa também interfere na eficiência dos adubos verdes. A incorporação, por exemplo, tende a acelerar a decomposição e conseqüentemente, a liberação de nutrientes, propiciando efeitos benéficos nas propriedades químicas do solo (Alcântara *et al.*, 2000).

Amado *et al.* (2000) estudando a velocidade de decomposição de adubos verdes e liberação de nitrogênio para a cultura do milho, verificaram que sob preparo convencional a velocidade de decomposição e a liberação de nutrientes foi mais rápida quando comparada com o sistema de plantio direto; esse fato pode ser atribuído ao efeito dos sistemas de preparo na incorporação e fracionamento físico dos resíduos, que permitiram maior contato solo-resíduo, e ao incremento da aeração, fatores que combinados, favoreceram maior atividade biológica. Porém, quando os resíduos vegetais são incorporados, o solo fica exposto e alguns efeitos benéficos da adubação verde são perdidos como o controle da erosão e a redução das amplitudes diárias da variação térmica e hídrica na camada superficial do solo.

A época de corte dos adubos verdes é outro fator que interfere na decomposição e liberação de nutrientes no solo. Nos primeiros meses do período vegetativo ocorre a mais alta porcentagem de nitrogênio nos tecidos das leguminosas, mas a maior quantidade se encontra na floração, sendo o momento mais oportuno para o manejo, pois as folhas e os talos tenros, que constituem as partes de mais fácil decomposição são imediatamente consumidos como substrato pelos microrganismos, que começam a formar amônio e nitratos utilizáveis pelas plantas. Por isso, vários autores recomendam que o corte ocorra no início da floração (Monegat, 1991; Calegari *et al.*, 1993; Carvalho & Amabile, 2006).

No entanto, em regiões que apresentam umidade e temperatura elevadas na maior parte do ano, a decomposição normalmente é muito rápida, diminuindo o tempo de permanência dos resíduos do adubo verde sobre o solo, e, conseqüentemente o período de proteção, o que favoreceria processos de lixiviação dos nutrientes e erosão. De acordo com Diniz *et al.* (2007) o tempo

de meia vida do nitrogênio presente na fitomassa de mucuna-preta (*Mucuna aterrina*) foi de 24 dias, e o da matéria seca foi de 35 dias após a incorporação; esses resultados sugerem que o nitrogênio é liberado no solo ainda mais rápido do que a própria decomposição da fitomassa, o que pode acarretar além de pouca proteção do solo perdas de nutrientes. Nesse caso, uma opção seria o manejo tardio dos adubos verdes, estando a planta mais lignificada, o que tornaria a decomposição mais lenta, aumentando o tempo de proteção do solo, e proporcionando melhor aproveitamento dos nutrientes pela cultura em sucessão. Por isso, a época de manejo dos adubos verdes deve ser melhor estudada para situações específicas, ou seja, considerando qual ou quais dos benefícios da adubação verde (fornecimento de nitrogênio, proteção do solo, controle de nematóides, etc) são de maior interesse para a cultura econômica que se pretende implantar em determinada condição edafoclimática. O aproveitamento dos nutrientes liberados pela decomposição dos resíduos irá depender do sincronismo entre a decomposição da fitomassa e a demanda da cultura ao longo de seu ciclo (Amado *et al.*, 2000; Diniz *et al.*, 2007).

### **2.3. Adubação verde na produção de hortaliças**

Nos sistemas orgânicos de produção, não é permitido a adição de adubos sintéticos de alta solubilidade; e o composto orgânico é um dos fertilizantes mais utilizados. Sua utilização implica na realização de compostagem e requer meio de transporte e aplicação, o que eleva os custos da produção. Outra dificuldade levantada quanto ao uso de composto na produção de hortaliças em sistema orgânico é em relação ao volume necessário para se obter produtividades equivalentes à produção por área do sistema convencional. De acordo com Souza *et al.* (2008) o composto orgânico representa 28,8% da entrada energética do sistema de produção orgânico de hortaliças, demonstrando que a produção baseada apenas em compostagem não é sustentável.

A otimização de processos biológicos é uma alternativa eficiente e menos dispendiosa para o fornecimento de nutrientes e manutenção da fertilidade do sistema. De acordo com Fontanetti *et al.* (2006) a utilização da

adubação verde como complemento ao composto orgânico, mesmo no primeiro ano de cultivo orgânico, o qual representa um sistema em início de conversão, permitiu a obtenção de cabeças comerciais de alface americana e de repolho com peso satisfatório para o mercado, demonstrando que a adubação verde pode ser considerada uma prática promissora na produção de hortaliças em sistema orgânico.

Castro *et al.* (2004) verificaram que o uso de leguminosas como adubação verde em pré-cultivo e em consórcio, contribuiu significativamente para o fornecimento de N para a cultura da berinjela. A quantidade de N introduzida pela fixação biológica derivada da adubação verde de pré-cultivo e em consórcio com berinjela foi suficiente para repor o N exportado pela colheita de frutos. Já Ribas *et al.* (2003) observaram que o uso da crotalária-júncea como adubo verde, em consórcio com o quiabeiro, mostrou-se importante para fornecimento de N e ciclagem de nutrientes no sistema, proporcionando aumento de produtividade do quiabeiro. De acordo com Pereira (2007), o cultivo de repolho em sistema plantio direto na palhada de crotalária proporcionou rendimento semelhante ao cultivo em sistema de plantio convencional, na qual se aplicou 200 kg de N ha<sup>-1</sup>. Desse modo, a palha de crotalária forneceu os nutrientes necessários ao desenvolvimento do repolho, descartando assim a necessidade de adubação suplementar em cobertura para a cultura. Resultados semelhantes foram encontrados por Oliveira *et al.* (2003), que ao avaliar os efeitos do pré-cultivo de crotalária sobre o desempenho do repolho em sistema de plantio direto, verificaram maior produtividade e peso médio das cabeças de repolho quando comparados ao plantio direto na palha da vegetação espontânea. Também a cultura do inhame apresentou maior produtividade quando cultivado em sucessão a crotalária (Oliveira *et al.* 2004).

A utilização do consórcio das culturas agrícolas com as leguminosas pode disponibilizar o nitrogênio para a cultura econômica. Neste caso, a cultura econômica se beneficia do N fixado pelas bactérias em simbiose com a cultura em consórcio, seja pela excreção direta de compostos nitrogenados, pela decomposição dos nódulos e raízes e também pela decomposição da fitomassa oriunda do corte da parte aérea, quando essa é deixada no solo,

promovendo e ativando a biota do solo, a qual gradativamente irá liberar os nutrientes retidos na fitomassa em decomposição de forma integrada com a demanda nutricional da cultura econômica. Normalmente, as leguminosas contêm altos teores de N em seus tecidos no período de floração, o que significa uma contribuição acima de  $150 \text{ kg ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$  de N, com um percentual de 60% a 80% do N proveniente da fixação biológica de nitrogênio (FBN) (Giller, 2001).

Em geral, as leguminosas apresentam baixa relação C/N, aumentando a decomposição e a mineralização do material vegetal; com isso o N é disponibilizado, evitando a imobilização deste no solo pela microbiota (Palm *et al.*, 2001). De acordo com Menezes *et al.* (2002), esse processo promove maior sincronização entre a mineralização e a demanda de nutrientes pelas culturas, aumentando a produtividade e contribuindo para a redução dos custos de produção nos sistemas agrícolas familiares.

#### **2.4. Decomposições e mineralização de fitomassa de adubos verdes**

Em sistemas conservacionistas, o tempo de permanência, a decomposição e a liberação de nutrientes dos resíduos das plantas de cobertura são fatores que merecem atenção especial (Crusciol *et al.*, 2005). Principalmente nas regiões do domínio tropical onde o clima favorece a aceleração da decomposição dos restos culturais, deve-se estar atento às características dos resíduos vegetais produzidos pela espécie antecessora à cultura principal (Alves *et al.*, 1995). Por esse fato o manejo do adubo verde torna-se o “gargalo” para a interação máxima entre o solo (nutrientes) e a cultura agrícola econômica. A época do corte ou tombamento do adubo verde, a metodologia para se fazer essa prática, ou até mesmo a manutenção da fitomassa viva no solo são questões importantes a serem estudadas para aumentar a sua eficiência.

A decomposição do material vegetal adicionado ao solo é um processo biológico, relacionado com diversos fatores como composição química dos resíduos vegetais, temperatura, umidade, pH e teor de nutrientes do solo (Paul & Clark, 1989). Ao trabalharem com doze diferentes espécies e partes de

adubos verdes, Cobo *et al.* (2002) verificaram que mesmo as plantas da mesma espécie podem apresentar concentrações de nutrientes diferentes, o que influencia diretamente nas taxas de decomposição. Os autores observaram também que as partes das plantas possuem taxas de decomposição diferentes. Partes mais tenras podem ter sua taxa de decomposição acelerada em relação as partes mais lignificadas da planta como hastes e caules.

Experimentos conduzidos na Zona da Mata de Minas Gerais resultaram que, em 24 dias após a incorporação da parte aérea de *Mucuna cinza*, 50% do nitrogênio inicialmente presente já haviam sido liberados (Diniz *et al.*, 2007). Como o tempo de meia vida da massa seca foi de 35 dias, a taxa de mineralização do nitrogênio foi maior do que a da massa seca.

A comparação da dinâmica de decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais provenientes de plantas de cobertura de solo, solteiras e consorciadas é relatada por (Giacomini *et al.*, 2003). O consórcio entre aveia-preta e ervilhaca promoveu redução da velocidade de liberação de nitrogênio na fase inicial de decomposição. Assim, a consorciação resultou em maior sincronia entre a liberação de nitrogênio dos resíduos culturais e a demanda por nitrogênio pelas culturas subsequentes. Trabalhando com três tipos de leguminosas herbáceas perenes e vegetação espontânea, Espindola *et al.* (2006) encontraram, nas leguminosas, uma rápida liberação dos nutrientes em ordem decrescente K, Mg, P, N e Ca.

## **2.5. Demanda nutricional da pimenteira**

Compreender e manejar o processo de liberação dos nutrientes, dos resíduos da adubação verde, em sincronia com a demanda nutricional da cultura é um dos grandes desafios dos sistemas de cultivo, que privilegiam os processos biológicos. O objetivo da pesquisa está em definir espécies de adubos verdes e épocas de cortes a fim de proporcionar o aporte nutricional necessário, de acordo com o estágio de desenvolvimento da planta correlacionada com a curva de absorção de nutrientes da pimenteira.

Para alcançar a nutrição ideal das plantas deve-se analisar, não somente a quantidade absorvida de nutrientes, mas também, sua concentração nos tecidos vegetais em diferentes estádios de desenvolvimento da planta (Haag *et al.*, 1970), pois essas indicam se o fornecimento de nutrientes acompanhou a necessidade da cultura e determinam sua produtividade. Além dos fatores edafoclimáticos, as concentrações de nutrientes consideradas adequadas dependem de uma série de fatores, tais como: produtividade a ser obtido, órgão escolhido para análise, idade da planta, interação dos nutrientes no solo e na planta, entre outros.

Marcussi *et al.* (2004) observaram que o período de maior extração de nutrientes em plantas de pimentão, ocorreu entre 120 e 140 dias após o transplântio (DAT), coincidindo com o maior acúmulo de fitomassa seca. O maior acúmulo de magnésio (Mg) e de cálcio (Ca) ocorreram nas folhas; nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P) foram mais acumulados nos frutos. Apenas 8 a 13% da quantidade total de macronutrientes acumulados aos 140 dias após o transplântio (DAT) foram absorvidos até os 60 DAT; 60% do total acumulado de N, P e Ca foram absorvidas no final do ciclo, a exceção do K que foi mais absorvido no início do ciclo.

Os nutrientes mais exigidos pelas plantas de pimentão são o potássio e o nitrogênio, seguidos de fósforo, enxofre, cálcio e magnésio (Haag *et al.*, 1970; Negreiros, 1986). Haag *et al.* (1970) verificaram que o maior acúmulo de N, P, K, Ca e Mg, por grama de massa seca de plantas por dia, ocorreu nos estádios iniciais do ciclo da planta até os primeiros frutos. Entretanto, em condições de campo os mesmos autores observaram que a partir de 75 DAT a absorção de nutrientes acentua-se.

A necessidade de nutrientes em cada etapa do crescimento e desenvolvimento da planta é uma informação essencial para aplicação eficiente de fertilizantes. O conhecimento prévio da demanda é essencial no planejamento do parcelamento das adubações (Pinto *et al.*, 2006). Esse conhecimento, também deve ser utilizado para definir as épocas de manejo dos adubos verdes visando a liberação de nutrientes para as culturas econômicas.

De forma geral a transferência de nitrogênio da fixação biológica das leguminosas para a cultura econômica é baixa. Diniz *et al.* (2007) verificaram que a mucuna-cinza adicionou  $177 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, dos quais 74% eram provenientes da fixação biológica. Entretanto, não houve diferença significativa na recuperação do nitrogênio do adubo verde proveniente da FBN para as plantas de brócolis que receberam a adubação verde. Em média 23,6 % do N nos brócolis foram provenientes da FBN correlacionado ao uso da mucuna.

Avaliando a dinâmica do nitrogênio, Ambrosano, (1995) utilizou a crotalária e a mucuna-preta (*Mucuna aterrima*) marcadas com  $15\text{N}$ , e determinou que de 60 a 80% do nitrogênio da leguminosa permaneceu no solo, e que de 20 a 30% deste foi absorvido pelas plantas de milho e 5 a 15% deixou o sistema solo-planta em forma de perdas.

Para se evitar as perdas de nitrogênio e dos demais nutrientes no sistema, esses devem ser liberados da fitomassa (mineralizado) em sincronia com a demanda nutricional da pimenteira. Nesse sentido, verificar qual a época de manejo do adubo verde é fundamental para aperfeiçoar o processo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMBROSANO, E. J. **Dinâmica do nitrogênio dos adubos verdes, crotalária-júncea (*Crotalaria juncea*) e mucuna-preta (*Mucuna aterrima*), em dois solos cultivados com milho.** 1995. 83 f. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1995.

ALCÂNTARA F. A. et al. Adubação verde na recuperação da fertilidade de um Latossolo Vermelho-Escuro degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 277-288, fev. 2000.

ALVES, A. G. C.; COGO, N. P.; LEVIEN, R. Relações da erosão do solo com a persistência da cobertura vegetal morta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v. 19, p. 127-132, 1995.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; FERNANDES, S. B. V. Leguminosas e adubação mineral como fontes de nitrogênio para o milho em sistemas de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 179-189, 2000.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 1993. p. 1-56.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: \_\_\_\_\_. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2006. p. 143-170.

CASTRO, C. M. et al. 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.

COBO, J. G. et al. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 240, n. 2, p. 331-342, mar. 2002.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Persistência de palhada e liberação de nutrientes do nabo forrageiro no plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 2, p. 161-168, fev. 2005.

DINIZ, E. R. et al. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 199-206, fev. 2007.

ESPINDOLA, J. A. A. et al. Decomposição e liberação de nutrientes acumulados em leguminosas herbáceas perenes consorciadas com bananeira. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 2, p. 321-328. mar./abr. 2006.

FERNANDES, M. F.; BARRETO, A. C.; EMÍDIO FILHO, J. Fitomassa de adubos verdes e controle de plantas daninhas em diferentes densidades populacionais de leguminosas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1593-1600, set. 1999.

FIORIN, J. E. Plantas recuperadoras da fertilidade do solo. In: CURSO SOBRE ASPECTOS BÁSICOS DE FERTILIDADE E MICROBIOLOGIA DO SOLO EM PLANTIO DIRETO, 3., 1999, Cruz Alta. **Resumos...** Passo Fundo: Aldeia Norte, 1999. p. 39-55.

FONTANÉTTI, A.; SANTOS, I. C. Manejo da fertilidade do agroecossistema e a sustentabilidade da agricultura familiar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, p. 7-13, 2010.

FONTANÉTTI A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.2, p.146-150, abr./jun.2006.

FRANCHINI, J. C. et al. Organic composition of green manure during growth and its effects on cation mobilization in an acid Oxisol. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v. 34, n. 13-14, p. 2045-2058, 2003.

GARCIA, A. J. V. El aji (*Capsicum chinense* Jacq.) - Patrimônio cultural y filogenético de las culturas Amazonicas. **Colombia Amazonica**, Bogotá, v. 5, n. 1, p. 161-185, 1991.

GIACOMINI, S. J. et al. Matéria seca, relação C/N e acúmulo de nitrogênio, fósforo e potássio em misturas de plantas de cobertura do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 325-334, mar./abr. 2003.

GILLER, K. E. **Nitrogen fixation in tropical cropping systems**. 2. ed. Wallingford: CAB International. 2001. 448 p.

GUILHOTO, J. J. M. et al. A importância da agricultura familiar no Brasil e em seus estados. In: ENCONTRO NACIONAL DE ECONOMIA, 35., 2007, Recife. **Anais...** Recife: ANPEC. 2007. p.\_\_\_\_.

HAAG, H. P.; HOMA, P.; KIMOTO, T. Nutrição mineral de hortaliças V: absorção de nutrientes pela cultura do pimentão. Piracicaba. **O Solo**, Piracicaba, v. 62, n. 2, p. 7-11, 1970.

MARCUSSI, F. F. N. et al. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, jan./fev. 2004.

MENEZES, R. S. C. et al. Produção de batatinha com incorporação de esterco e/ou crotalária no Agreste paraibano. In: SILVEIRA, L.; PETERSEN, P.; SABOURIN, E. (Org.) **Agricultura familiar e agroecologia no semi-árido: avanços a partir do agreste da Paraíba**. Rio de Janeiro: AS-PTA. 2002. p. 261-270.

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

NEGREIROS, M. Z. et al. Efeito da cobertura morta sobre o comportamento de cultivares de pimentão na microrregião salineira do Rio Grande do Norte. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 4, n. 1, p. 44-76, dez. 1986.

OLIVEIRA, F. L. et al. Desempenho do inhame (taro) em plantio direto e no consórcio com crotalária, sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 638-641, jul./set. 2004.

OLIVEIRA, F. L. et al. Uso do pré-cultivo de *Crotalaria juncea* e de doses crescentes de “cama” de aviário na produção do repolho sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 2, p. 60-66, 2003.

PALM, C. A. et al. Management of organic matter in the tropics: translating theory into practice. **Nutrient Cycling Agroecosystems**, Dordrecht, v. 61, n. 1-2, p. 63-75, 2001.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil Microbiology and Biochemistry**. San Diego: Academic Press Inc., 1989. 273 p.

PEREIRA, A. J. **Caracterização agrônômica de espécies de Crotalária L. em diferentes condições edafoclimáticas e contribuição da adubação verde com *Crotalaria-júncea* no cultivo orgânico de brássicas em sistema de plantio direto**. 2007. 72 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, 2007.

PINTO, C. M. F. et al. Plantas condimentares: do uso doméstico à comercialização. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 31, n. 254, p. 62-71, jan./fev. 2010.

PINTO, C. M. F. et al. Pimenta (*Capsicum* spp.). In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. **101 culturas: manual de tecnologias agrícolas**, Belo Horizonte: EPAMIG, 2007, 800 p.

PINTO, C. M. F. et al. Nutrição mineral e adubação para pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 50-57, nov./dez. 2006.

RUFINO, J. L.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 30-39, nov./dez. 2006.

RIBAS, R. G. T. et al. Desempenho do quiabeiro (*Abelmoschus esculentus*) consorciado com *Crotalaria juncea* sob manejo orgânico. **Agronomia**, Seropédica, v. 37, n. 2, p. 80-84, 2003.

SOUZA, J. L. et al. Balanço e análise da sustentabilidade energética na produção orgânica de hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 4, p. 433-440, out./dez. 2008.

## **CAPÍTULO 2**

### **Adubação verde em cultivo consorciado para produção de Pimenta-biquinho**

## RESUMO

O cultivo intercalar de adubos verdes com as culturas econômicas apresenta-se como uma opção para aumentar a cobertura do solo e fornecer nutrientes no mesmo ciclo de cultivo. Porém, esses benefícios dependem das espécies de adubos verdes e do manejo dessas. Objetivou-se com esse trabalho avaliar o consórcio e as formas de condução dos adubos verdes no crescimento, produtividade e nutrição da Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*). O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema fatorial 2x3+1 com quatro repetições. O primeiro fator foi constituído por duas espécies de adubos verdes: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.) e crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.). O segundo fator por três formas de condução dos adubos verdes em consórcio com a Pimenta-biquinho. No tratamento adicional (testemunha) as pimenteiras, em cultivo exclusivo, receberam adubação mineral. Avaliou-se altura das plantas, diâmetro transversal da copa, produtividade de frutos e teor foliar de nutrientes das pimenteiras. As espécies crotalária-júncea e feijão-de-porco conduzidos em consórcios com as plantas de Pimenta-biquinho, quando manejados aos 75 dias após o transplante da olerícola, promoveram aumento na altura e no diâmetro de copa das pimenteiras, e produtividade de frutos semelhante ao cultivo exclusivo da pimenteira com uso de adubação mineral. O feijão-de-porco conduzido durante todo o ciclo da pimenteira reduziu a produtividade de frutos.

**Palavras-chaves:** *Capsicum chinense*, leguminosas, consórcio

## **GREEN MANURE IN CULTIVE INTERCROPPED FOR PRODUCTION OF PEPPER-**

### **ABSTRACT**

The intercropped cultivation of green manure and economic cultures is presented as an option to increase ground cover and diversify the system, especially on small farms. However, little information exists about the performance of economic species in intercropping systems. The aim of this study was to evaluate the consortium of species and management times of green manure on growth, productivity and nutrition of pepper pout (*Capsicum chinense*). The experimental design was randomized blocks in factorial scheme 2x3 +1 with four replications. The first factor was composed of two species of green manure, yard-long beans (*Canavalia ensiformis* DC) and sunn-hemp (*Crotalaria juncea* L.). The second factor are the three forms of management of green manure intercropped with pepper pout. In the further treatment (control) the pepper pout, without consortiation, like a single culture, received mineral fertilization. We evaluated plant height, transverse diameter of the canopy, fruit yield and leaf nutrient content of pepper. The species sunn hemp and jack bean conducted in consortiation with the pepper plants pout, when handled with 75 days after your transplanting of vegetable crop, caused an increase in height, canopy diameter of pepper and in your fruit production, similar to single culture of pepper produced with the use of mineral fertilizer. The jack bean conducted in the same area during all the cycle of pepper fruit production a caused a decreased in the yield.

**Key words:** *Capsicum chinense*, leguminous, consortium

## INTRODUÇÃO

A exploração de pimentas *Capsicum* spp além de representar uma fonte importante de geração de emprego e renda na agricultura também permite a agregação de valor na forma processada, como molhos, conservas, geléias, pimenta desidratada em pó (páprica), dentre outras. Na atualidade há crescente demanda do mercado, estimada em 80 milhões de reais ao ano, o que vem impulsionando o aumento da área cultivada e o estabelecimento de pequenas agroindústrias familiares, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) importante ao país (Rufino & Penteado, 2006). A cadeia produtiva da pimenta apresenta-se como um segmento de grande importância social, pois se trata de uma cultura que utiliza elevada mão-de-obra (absorvendo toda família) em todas as suas etapas, da produção ao processamento (Nascimento *et al.*, 2006).

O Brasil destaca-se por possuir ampla diversidade em todas as classes de pimentas, e contempla quatro espécies domesticadas, dentre estas a Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*), que é endêmica e possui seu centro de origem na bacia amazônica (Garcia, 1991). A espécie está entre as mais utilizadas pela agricultura familiar por sua elevada produtividade e valor gastronômico, permitindo ao agricultor sua comercialização *in natura* e na forma processada.

Porém, há necessidade do desenvolvimento de sistemas de produção sustentáveis, que conciliem a produção de pimentas com a conservação dos recursos naturais, permitindo a recuperação dos solos, o incremento da biodiversidade local e a estabilidade econômica das famílias que dependem do sistema. Desse modo o agricultor familiar terá acesso aos mercados certificados, que valorizam os produtos da agricultura de base ecológica.

Dentre os processos biológicos aplicados na agricultura, a adubação verde tem sido amplamente divulgada e estudada, principalmente em relação a sua contribuição para a melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. Solos descobertos, compactados superficialmente ou demasiadamente movimentados são mais propensos ao processo erosivo e, conseqüentemente, ao menor acúmulo de matéria orgânica no perfil. A

manutenção da fertilidade em solos de ambientes tropicais passa primeiramente pela manutenção da matéria orgânica. Nesse sentido, práticas agrícolas que aumentem a cobertura do solo, adicionem resíduos vegetais, raízes e húmus são essenciais para a manutenção da fertilidade dos solos (Bayer & Mielniczuk, 2008).

Alguns estudos evidenciaram o potencial da utilização de adubos verdes na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L) e pimenta. Cesar *et al.* (2007) verificaram aumento da produtividade de pimentão quando as plantas foram produzidas em consórcio com *Crotalaria juncea*, provavelmente pelo aporte suplementar de nutrientes; os frutos produzidos em consórcio com a leguminosa também apresentaram maior teor de nitrogênio em relação à monocultura. Santos *et al.* (2004), avaliando a produtividade de pimenta malagueta verificaram que os tratamentos conduzidos em consórcios com puerária (*Pueraria phaseoloides*), calopogônio (*Calopogonium muconoides*) e crotalária-júncea apresentaram produtividades semelhantes às do tratamento em que a pimenta em cultivo exclusivo foi adubada com nitrogênio mineral.

Contudo, há uma deficiência de informações agronômicas sobre sistemas de produção que consorciem culturas agrícolas com adubos verdes. Principalmente no tocante a seleção das espécies, espaçamento e sobre as épocas de manejo dos adubos verdes.

A elucidação desses processos é essencial para o estabelecimento de sistemas de produção de base ecológica que permitam a manutenção da fertilidade dos solos e a estabilidade econômica das famílias que dependem do sistema. Assim, objetivou-se com esse trabalho avaliar o consórcio e as formas de condução dos adubos verdes no crescimento, produtividade e nutrição da Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*).

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido entre os meses de outubro de 2010 e julho de 2011 em área experimental do Departamento de Desenvolvimento Rural

(DDR) no Centro de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, situado no município de Araras-SP.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial  $2 \times 3 + 1$  com 4 repetições. O primeiro fator foi constituído por duas espécies de adubos verdes: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.) e crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.) O segundo fator por três formas de condução dos adubos verdes em consórcio com a Pimenta-biquinho: adubos verdes cultivados durante todo o ciclo das pimenteiras; adubos verdes manejados (cortados) na floração das pimenteiras (75 dias após transplantio-DAT); adubos verdes manejados na primeira colheita das pimenteiras (90 DAT). E ainda um tratamento adicional (testemunha), cultivo exclusivo das plantas de Pimenta-biquinho com utilização da adubação mineral.

As parcelas experimentais foram formadas por cinco linhas de 5 m de comprimento com o espaçamento de um metro entre as linhas. As plantas de pimentas foram espaçadas em 1 m entre si, totalizando 25 (vinte e cinco) plantas de pimentas por parcela. Para as avaliações foram utilizadas as 3 (três) pimenteiras (centrais) das 3 linhas centrais de cada parcela.

As mudas das pimentas biquinho, variedade Iracema biquinho, foram formadas entre os meses de outubro e dezembro de 2010, em dez bandejas de poliestireno expandido de 128 células, no setor de Horticultura do Departamento de Biotecnologia e Produção Vegetal e Animal (DBPVA-CCA-UFSCar), utilizando-se o substrato comercial Bioplanta®.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho e sua análise química revelou as seguintes características: pH 5;  $15 \text{ mg dm}^{-3}$  de P;  $2,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de K;  $34 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Ca;  $16 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de Mg;  $58 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  de H+Al;  $27 \text{ g dm}^{-3}$  de matéria orgânica; SB =  $52,1 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; CTC = 110,1 e V% = 47%.

O transplante das mudas das pimenteiras ocorreu no início do mês de janeiro de 2011, concomitantemente com a semeadura dos adubos verdes nas entrelinhas de plantio. A crotalária-júncea foi semeada na densidade 30 sementes por metro linear (estande final de 120 plantas de crotalária por entrelinha), e o feijão-de-porco na densidade de 3 sementes por metro linear

(estande final de 12 plantas de feijão-de-porco por entrelinha). As pimenteiras em consórcio com as leguminosas foram adubadas com 20 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, sendo que 10 t ha<sup>-1</sup> foram aplicados nas covas de plantio no momento do transplântio e 10 t ha<sup>-1</sup> aplicados sobre o solo, nas linhas de cultivo no período de floração das pimenteiras. Na testemunha, cultivo exclusivo das pimenteiras, as plantas receberam por cova no transplântio o equivalente a: 210 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>; 120 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O e 60 kg ha<sup>-1</sup> de N do adubo formulado 4-14-8, e no início da floração das pimenteiras essas receberam 70 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio.

O composto orgânico utilizado no ensaio apresentou a seguinte composição química: 29,02 dag kg<sup>-1</sup> de carbono total; 0,31 dag kg<sup>-1</sup> de P; 0,36 dag kg<sup>-1</sup> de K; 1,05 dag kg<sup>-1</sup> de Ca; 0,20 dag kg<sup>-1</sup> de Mg; 1,17 dag kg<sup>-1</sup> de N total; 22 % de umidade e 0,87 g cm<sup>-3</sup> de densidade.

As plantas de feijão-de-porco e crotalária foram cortadas rentes ao solo com uso de facão e distribuídas na parcela entre as linhas da cultura principal, conforme os tratamentos (corte no florescimento ou na frutificação das pimenteiras).

A altura das pimenteiras foi medida da inserção do caule no solo até a extremidade da copa, e o diâmetro da copa foi medido transversalmente à linha de plantio, em duas épocas: na 1ª colheita dos frutos (90 DAT) e na última colheita dos frutos (140 DAT).

Foram realizadas colheitas dos frutos das pimenteiras aos 90, 110 e 140 DAT. Os frutos colhidos foram contados e pesados, determinando-se o número e a produção total de frutos. Ressalta-se que após a colheita realizada aos 140 DAT as plantas continuaram a produzir frutos, no entanto, esses não foram avaliados nesse trabalho.

Avaliou-se também o estado nutricional das pimenteiras na época do florescimento (75 DAT) e na segunda colheita dos frutos (110 DAT), utilizando-se as folhas da parte superior da planta. Foram coletadas 15 folhas de plantas alternadas em cada parcela experimental, que após secas em estufa a 60°C, foram moídas e encaminhadas para análise de macronutrientes segundo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1989). Os resultados das análises

foliares aos 75 DAT foram comparados com os teores de nutrientes foliares sugeridos para as pimenteiras por Jones Júnior *et al.* (1991). Para essa avaliação utilizou-se a média de todos os tratamentos: consórcio pimenta/crotalária, consórcio pimenta/ feijão-de-porco e testemunha, visto que nesse momento ainda não havia sido realizado o corte dos adubos verdes.

Para cada variável avaliada foram realizadas duas análises de variâncias. A primeira análise para o fatorial 2 x 3 (duas espécies de adubos verdes x três formas de condução dos adubos verdes) sem o tratamento adicional (testemunha). Nesse caso, quando a interação entre os fatores foi significativa, realizou-se o desdobramento dos fatores e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Para comparar o tratamento adicional (testemunha) com os demais realizou-se a segunda análise de variância com os seguintes tratamentos: feijão-de-porco cultivado durante todo o ciclo, feijão-de-porco cortado aos 75 DAT, feijão-de-porco cortado aos 90 DAT, crotalária-júncea cultivada durante todo o ciclo, crotalária-júncea cortada aos 75 DAT, crotalária-júncea cortada aos 90 DAT e testemunha. As médias, nesse caso, foram comparadas por meio de contrastes pelo teste F a 5% de probabilidade.

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As análises de variâncias para o diâmetro da copa e altura das pimenteiras revelaram efeito significativo da interação, espécies de adubos verdes x formas de condução dos adubos verdes, na segunda época de avaliação, realizada na 3ª colheita das pimenteiras (140 DAT). Analisando o desdobramento da interação (Tabela 1), observou-se que nos consórcios com a crotalária-júncea, não houve diferença no diâmetro da copa das pimenteiras entre os três tipos de manejo da leguminosa. Mas, no consórcio com o feijão-de-porco obteve-se maior diâmetro de copa da pimenteira quando esse foi cortado aos 75 DAT (Tabela 1). Este fato sugere que o feijão-de-porco competiu com as plantas de Pimenta-biquinho, provavelmente por luz.

Observou-se também que o consórcio com o feijão-de-porco cortado aos 90 DAT reduziu a altura das pimenteiras (Tabela 1).

A espécie crotalária-júncea é uma planta subarborescente de caule ereto e crescimento inicial lento, recobre no máximo cerca de 70% do solo durante seu desenvolvimento vegetativo. Enquanto que a espécie feijão-de-porco é uma planta ereta de hábito determinado, crescimento inicial rápido, e apresenta índices elevados de cobertura do solo. (Pereira *et al.*, 2012). Borges *et al.* (2011) observaram que o feijão-de-porco na densidade de 10 sementes por metro linear apresentou 100% de cobertura do solo aos 60 dias após a emergência.

As diferenças na arquitetura e desenvolvimento das espécies de adubos verdes provavelmente interferiram na quantidade e qualidade da luz que alcançou as plantas de pimenteira. O feijão-de-porco semeado na densidade de sete sementes  $m^{-2}$  interceptou em média  $881 MJ m^{-2} dia^{-1}$  de radiação solar nas fases vegetativa e reprodutiva, enquanto a crotalária-júncea interceptou em média  $650 MJ m^{-2} dia^{-1}$  de radiação solar, ou seja, o feijão-de-porco proporcionou mais sombra (Pereira *et al.*, 2012). Dessa forma, possivelmente a crotalária-júncea permitiu maior luminosidade e favoreceu o crescimento das pimenteiras, independente do manejo.

As análises de variâncias para diâmetro de copa e altura das pimenteiras realizadas com o objetivo de comparar testemunha (cultivo exclusivo da pimenteira com adubação mineral) com os demais tratamentos revelaram efeitos significativos na primeira e segunda avaliação (90 e 140 DAT respectivamente). Os contrastes entre as médias dos consórcios *versus* a média da testemunha indicaram, na primeira avaliação (90 DAT), que ambos os adubos verdes proporcionaram aumento no diâmetro de copa das pimenteiras em comparação à testemunha (Tabela 1). Porém, na segunda avaliação (140 DAT) os tratamentos, feijão-de-porco cultivado durante todo o ciclo da pimenteira e feijão-de-porco cortado na frutificação da pimenteira (75 DAT) não diferiram da testemunha (Tabela 1).

Para a altura das pimenteiras aos 90 DAT todos os consórcios, independentes do manejo, proporcionaram aumento da altura das pimenteiras

em comparação ao tratamento testemunha. Já na avaliação realizada aos 140 DAT o tratamento feijão-de-porco cortado na frutificação das pimenteiras (90 DAT) não diferiu da testemunha (Tabela 1).

As espécies de adubos verdes utilizadas, apesar de terem sido semeadas simultaneamente ao transplante das mudas da pimenteira para o campo, possuem rápido crescimento inicial e maior porcentagem de recobrimento do solo em comparação às pimenteiras. Assim, a manutenção dos adubos verdes, até a frutificação da olerícola, possivelmente gerou um microclima adequado, favorecendo o crescimento e o desenvolvimento da mesma.

Vale ressaltar que a maioria das espécies brasileiras de pimentas habita ambientes fechados e úmidos (Carvalho, 2005). Fato que destaca a necessidade de sombra, principalmente no início do desenvolvimento vegetativo das pimenteiras. Estudo realizado com pimentão cultivado em consórcio com crotalária júncea revelou efeito positivo do mesmo para a produtividade de frutos. De acordo com os autores parte do benefício pode ter sido proveniente do sombreamento inicial promovido pela crotalária, acelerando o “pegamento” das mudas transplantadas de pimentão e retendo a umidade no solo. Os autores ainda ressaltam que o pimentão, tolera certo nível de sombreamento, o qual pode melhorar seu desenvolvimento vegetativo (Cesar *et al.*, 2007). Santos *et al.* (2004), avaliando o desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta em cultivo intercalar com adubos verdes perenes e anuais verificaram que as condições ambientais proporcionadas pelos consórcios pimentas/adubos verdes favoreceram o equilíbrio do sistema, uma vez que não afetaram a produtividade da mesma e não foi necessário aplicação de inseticidas e fungicidas durante o ciclo produtivo da pimenta.

As análises de variâncias realizadas para o número de frutos e produtividade das pimenteiras revelaram efeito significativo apenas na 3ª colheita (140 DAT). Observou-se efeito isolado das formas de condução, independente das espécies dos adubos verdes. O consórcio dos adubos verdes durante todo o ciclo das pimenteiras reduziu o número de frutos e a produtividade da mesma (Tabela 2). Não houve diferença significativa entre os

cortes dos adubos verdes realizados no florescimento e na frutificação das pimenteiras.

As análises de variâncias para o número de frutos e produtividade das pimenteiras, realizadas para comparar a testemunha com os demais tratamentos, também revelaram efeitos significativos apenas para a 3ª colheita (140 DAT). Os contrastes entre as médias dos cultivos consorciados *versus* a testemunha demonstraram que o número de frutos e a produtividade das pimenteiras foram semelhantes; exceto para o tratamento feijão-de-porco mantido em consórcio ao longo de todo o ciclo da Pimenta-biquinho, esse reduziu o número de frutos (-234 frutos ha<sup>-1</sup>) e consequentemente a produtividade (-122,97 kg ha<sup>-1</sup>) em relação ao tratamento testemunha (Tabela 2). Provavelmente, como mencionado anteriormente devido à competição por luz exercida pelas plantas de feijão-de-porco, visto que a espécie de adubo verde possui arquitetura de planta semelhante às das plantas de Pimenta-biquinho. Outra questão importante é que a densidade de plantas de feijão-de-porco utilizada no experimento (três plantas m<sup>-1</sup>) é inferior a recomendada para o cultivo exclusivo da espécie (5 plantas m<sup>-1</sup>), ou seja, as plantas da leguminosa tiveram mais espaço para o desenvolvimento vegetativo, menor competição intraespecífica, o que pode ter favorecido a competição com as plantas de pimenta biquinho por luz.

A avaliação do estado nutricional das plantas de pimenta em todos os tratamentos, realizada na floração das pimenteiras (75 DAT), antes do corte dos adubos verdes, demonstrou que todos os macronutrientes, exceto o Ca, estavam em níveis satisfatórios quando comparados com os mencionados por Jones Júnior *et al.* (1991) para o pimentão (*Capsicum annuum*). O que indica que mesmo anterior ao corte dos adubos verdes a quantidade de nutrientes disponíveis no solo, adubação mineral ou orgânica, foram suficientes para atender as necessidades das plantas até aos 75 DAT. O teor foliar de Ca foi considerado baixo em todos os tratamentos, porém as plantas não apresentaram sintomas de deficiência (Tabela 3). De acordo com Marcussi *et al.* (2004) apenas 8% a 13% da quantidade total de nutrientes acumulados pelas plantas de pimentão aos 140 DAT são absorvidos até os 60 DAT, o

período de maior extração de nutrientes por plantas de pimentão ocorre entre 120 e 140 dias após o transplântio. Assim, caso a marcha de absorção de nutrientes da Pimenta-biquinho for semelhante à do pimentão, a adubação orgânica utilizada nesse trabalho somada aos nutrientes do solo foram suficientes para atender a demanda inicial por nutrientes das plantas, mesmo anterior ao corte dos adubos verdes.

A análise de variância para os teores de nutrientes foliares da pimenteira aos 110 DAT revelou efeito significativo para o P e K. De acordo com a tabela 4 verificou-se que a espécie crotalária-júncea, independente da forma de manejo proporcionou maiores teores foliares de P e K nas pimenteiras. Já a análise de variância realizada para comparar o tratamento testemunha com os demais revelou efeito significativo apenas para os nutrientes N e P. Os contrastes entre as médias do tratamento testemunha (cultivo exclusivo de pimenta com adubação mineral) com o consórcio da pimenteira com o feijão-de-porco, sem corte, revelaram redução de  $14,5 \text{ g kg}^{-1}$  de nitrogênio nas folhas de pimenta (Tabela 4). Fato que indica uma possível competição por nitrogênio entre as plantas de pimenta e o adubo verde. Para o teor de P nas folhas de pimenta apenas os tratamentos crotalária-júncea mantida durante todo o ciclo das pimenteiras e a crotalária-júncea cortada aos 75 DAT apresentaram teores semelhantes aos do tratamento testemunha, os demais apresentaram valores inferiores. De acordo com Borges et al. (2011) a crotalária-júncea, diferentemente do feijão-de-porco, não reduziu o teor de P na parte aérea, mesmo após a frutificação. Os mesmos autores ressaltam que a crotalária foi à espécie que acumulou maior teor de P na parte aérea no florescimento, por ter sido a espécie que produziu mais fitomassa.

## **CONCLUSÃO**

As espécies crotalária-júncea e feijão-de-porco conduzidas em consórcios com as plantas de Pimenta-biquinho, quando manejados aos 75 dias após o transplântio da olerícola, promoveram aumento na altura e no diâmetro de copa das pimenteiras, e produtividade de frutos semelhante ao

cultivo exclusivo da pimenteira com uso de adubação mineral. O feijão-deporco conduzido durante todo o ciclo da pimenteira reduziu a produtividade de frutos, provavelmente pela competição estabelecida entre o adubo verde e a pimenteira. A dose de 20 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico foi suficiente para atender a necessidade nutricional das plantas de pimenta biquinho no início do ciclo.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p. 7-16.

BORGES, T. R. et al. Aspectos agronômicos de leguminosas para adubação verde no cerrado do Alto Vale do Jequitinhonha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 635-643, mar./abr. 2011.

CARVALHO, S. I. C. Subsídios a coleta de germoplasma de espécies de pimentas e pimentões do gênero *Capsicum* (Solanáceas). In: WALTER, B. M. T.; CAVALCANTI, T. B. (Ed.). **Fundamentos para a coleta de germoplasma vegetal: teoria e prática**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia. 2005. p. 355-385.

CESAR, M. N. Z. et al. Desempenho do pimentão em cultivo orgânico, submetido ao desbaste e consórcio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 3, p. 322-326, jul./set. 2007.

GARCIA, A. J. V. El aji (*Capsicum chinense* Jacq.) - Patrimônio cultural y filogenético de las culturas Amazonicas. **Colombia Amazonica**, Bogotá, v. 5, n. 1, p. 161-185, 1991.

JONES JÚNIOR, J. B.; WOLF, B.; MILLS, H. A. **Plant analysis handbook**. Athens: Micro-Macro Publishing. 1991. 213 p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações**. Piracicaba: POTAFOS. 1989. 210 p.

MARCUSSI, F. F. N. et al. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, jan./fev. 2004.

NASCIMENTO, W. M.; DIAS, D. C. F. S.; FREITAS, R. A. Produção de sementes de pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 30-39, nov./dez. 2006.

PEREIRA, G. A. M. et al. Fitomassa de adubos verdes e cobertura do solo na região do Alto Vale do Jequitinhonha, Minas Gerais. **Revista Agro@ambiente On-line**, Boa Vista, v. 6, n. 2, p. 110-116, mai/ago. 2012. Disponível em: <<http://revista.ufr.br/index.php/agroambiente/article/view/696/777>>. Acesso em: (mai. 2012).

RUFINO, J. L.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 235, p. 30-39, nov./dez. 2006.

SANTOS, I. C. et al. Desenvolvimento de plantas de pimenta malagueta e produtividade de frutos em cultivo intercalar com adubos verdes anuais e perenes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 44., 2004, Campo Grande. **Anais...** Campo Grande: UNIDERP, 2004. P.

**Tabela 1.** Valores médios do diâmetro transversal da copa, altura, produtividade e número de frutos das pimenteiças (*Capsicum chinense*) aos 140 dias após o transplântio (DAT) Araras, UFSCar, 2011.

Manejos	C. júncea	F. de porco	C. júncea	F. de porco
	Diâmetro de copa		Altura de planta	
	-----cm-----			
Sem corte	90,95 a A	78,05 ab B	32,82 a A	32,46 a A
Corte 90 DAT	89,39 a A	75,84 b B	32,86 a A	29,77 a B
Corte 75 DAT	83,46 a A	88,91 a A	30,45 a A	32,69 a A
CV (%)	7,41		5,72	

Manejos	Produtividade	Nº de frutos
	kg ha <sup>-1</sup>	ha
Sem corte	255,05 B	400 B
Corte 90 DAT	297,00 A B	474 A B
Corte 75 DAT	381,10 A	589 A
CV (%)	23,14	23,04

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade

**Tabela 2.** Estimativas dos contrastes para o diâmetro transversal da copa, altura, produtividade e número de frutos das pimenteiras (*Capsicum chinense*) entre os cultivos consorciados e o cultivo exclusivo com adubação mineral Araras, UFSCar, 2011.

Contrastes	Diâmetro		Altura	
	90 DAT	140 DAT	90 DAT	140 DAT
	cm			
C. júncea (75 DAT)	81,62*	83,46*	30,50*	32,36*
C. júncea (90 DAT)	88,10*	89,90*	32,86*	34,19*
C. júncea (sem corte)	88,87*	90,95*	32,82*	34,56*
F. de porco (75 DAT)	86,71*	88,92*	32,69*	33,77*
F. de porco (90 DAT)	77,85*	75,85 <sup>ns</sup>	29,77 <sup>ns</sup>	30,53 <sup>ns</sup>
F. de porco (sem corte)	83,82*	78,95 <sup>ns</sup>	32,46*	33,78*
Adubação mineral	56,92	62,05	26,15	29,46
CV%	12,34	10,97	6,24	5,91

	Produtividade	N.º de frutos	Produtividade Total
	Colheita (140 DAT)		Colheitas (90, 110, 140 DAT)
	Kg ha <sup>-1</sup>	ha	Kg ha <sup>-1</sup>
C. júncea (75 DAT)	398,60 <sup>ns</sup>	606 <sup>ns</sup>	546,56
C. júncea (90 DAT)	285,60 <sup>ns</sup>	449 <sup>ns</sup>	456,15
C. júncea (sem corte)	308,80 <sup>ns</sup>	493 <sup>ns</sup>	513,13
F. de porco (75 DAT)	363,60 <sup>ns</sup>	572 <sup>ns</sup>	560,23
F. de porco (90 DAT)	308,40 <sup>ns</sup>	500 <sup>ns</sup>	490,18
F. de porco (sem corte)	201,30*	308*	370,36
Adubação mineral	324,27	542	346,91
CV%	23,14	23,04	

DAT- dia após transplântio, (\*) significativo de acordo com o teste de F a 5% de probabilidade, (<sup>ns</sup>) não significativo.

**Tabela 3:** Valores médios dos teores foliares de macronutrientes em *Capsicum chinense* aos 75 dias após o transplante Araras, UFSCar, 2011.

Consórcios	N	P	K	Ca	Mg
	----- g kg <sup>-1</sup> -----				
Crotalaria-júncea	36,0	30,0	36,1	5,8	3,7
Feijão-de-porco	35,8	31,0	37,7	5,5	3,6
Testemunha	37,0	32,0	38,3	5,0	3,6
Valores de referência	35,0	22,0	35,0	13,0	3,0

Valores de referência para os teores de nutrientes foliares citados Jones Júnior, *et al.* (1991).

**Tabela 4:** Valores médios dos teores foliares de N, P, K, Ca e Mg em *Capsicum chinense* aos 110 dias após transplântio (DAT) Araras, UFSCar, 2011.

Adubos verdes	P	K			
	g kg <sup>-1</sup>				
C. júncea	30,0 A	34,0 A			
F. de porco	26,0 B	31,0 B			
CV(%)	11,0	9,2			

Contrastes	N	P	K	Ca	Mg
	g kg <sup>-1</sup>			g kg <sup>-1</sup>	
C. júncea corte 75 DAT	46,8 <sup>ns</sup>	30,0 <sup>ns</sup>	33,8	8,2	5,4
C. júncea corte 90 DAT	45,6 <sup>ns</sup>	28,0*	33,6	8,4	5,3
C. júncea sem corte	51,1 <sup>ns</sup>	33,0 <sup>ns</sup>	34,6	6,6	4,2
F. de porco corte 75 DAT	47,3 <sup>ns</sup>	27,0*	31,3	11,0	6,0
F. de porco corte 90 DAT	50,6 <sup>ns</sup>	28,0*	30,7	7,8	4,9
F. de porco sem corte	30,9*	26,0*	31,1	11,0	5,7
Adubação mineral	45,4	32,0	31,9	7,1	4,5
CV(%)	16,8	10,2			

Médias seguidas pelas mesmas letras, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade; (\*) significativo e (<sup>ns</sup>) não significativo de acordo com o teste de F a 5% de probabilidade.

### **CAPÍTULO 3**

**Produção de fitomassa, acúmulo de nutrientes e decomposição de adubos verdes em cultivo consorciado com Pimenta-biquinho.**

## RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de massa seca, o acúmulo de nutrientes, a decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio das leguminosas, feijão-de-porco e crotalária-júncea, cultivadas nas entrelinhas de pimenteiras em sistema orgânico. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2 com 4 repetições. O primeiro fator foi constituído por duas espécies de adubos verdes: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.) e crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.) O segundo fator por duas formas de condução dos adubos verdes em consórcio com a Pimenta-biquinho: adubos verdes manejados (cortados) na floração das pimenteiras (75 dias após plantio - DAP); adubos verdes manejados na primeira colheita das pimenteiras (90 DAP). A maior produção de massa seca dos adubos verdes ocorreu no corte realizado aos 90 dias após plantio. Essa também foi a época que proporcionou os maiores acúmulos dos nutrientes N, P e Mg. O feijão-de-porco foi mais eficiente na extração de Ca e K do solo, e conseqüentemente apresentou maior acúmulo desses nutrientes em sua massa seca. Também foi a espécie que apresentou maior taxa de decomposição de massa seca e liberação do K quando o corte foi realizado aos 90 DAP. Os resíduos de crotalária-júncea liberaram mais lentamente o nitrogênio quando o corte foi realizado aos 90 DAP. O fósforo foi o nutriente que apresentou menor taxa de mineralização, independente da época de corte e espécies de adubos verdes.

**Palavras-chaves:** *Capsicum chinense*, taxa de decomposição, leguminosas, agricultura orgânica.

**BIOMASS PRODUCTION, NUTRIENT ACCUMULATION AND DECOMPOSITION OF GREEN MANURE IN INTERCROPPED CULTIVE WITH PEPPER-POUT.**

**ABSTRACT**

The objective of this study was to evaluate the dry matter production, nutrient accumulation, decomposition and release of nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium legumes, jack bean and *Crotalaria juncea*, grown between the rows of pepper in an organic system. The experimental design was a randomized block factorial 2x2 with 4 repetitions. The first factor was composed of two kinds of green manures: bean (*Canavalia ensiformis* DC) and sunn-hemp (*Crotalaria juncea* L.) The second factor driving by two forms of green manures in consortium with pepper-pout: green manures managed (cut) in the flowering of pepper (75 days after planting - DAP), green manure handled in the first crop of pepper plants (90 DAP). The higher dry matter production of green manures occurred in cutting performed at 90 days after planting. This was also the time that provided the highest concentrations of N, P and Mg. The bean-pig was more efficient at extracting soil Ca and K, and consequently showed greater accumulation of these nutrients in its dry mass. It was also the species with the highest rate of dry matter decomposition and release of K when the cut was made at 90 DAP. The waste *Crotalaria juncea*-nitrogen released more slowly when the cut was made at 90 DAP. Phosphorus is the nutrient that showed lower mineralization rate, regardless of the time of cutting and green manure species.

**Key words:** *Capsicum chinense*, decomposition rate, leguminous plants, organic agriculture.



## INTRODUÇÃO

O sistema convencional de cultivo acarretou ao longo do tempo, a redução da qualidade das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Este processo inicia-se com a remoção da vegetação natural e acentua-se com os cultivos subsequentes, promovendo a exposição direta do solo aos fatores climáticos, resultando em erosão, perda de nutrientes e redução dos teores de matéria orgânica (Souza & Melo, 2000; Perin *et al.*, 2000).

A cobertura do solo é uma prática cultural que traz reconhecidos benefícios aos sistemas de produção, especialmente no que diz respeito à olericultura (Corrêa, 2002). Dentre os benefícios das plantas de cobertura do solo destacam-se a conservação, a ciclagem de nutrientes e a supressão de plantas invasoras (Creame & Baldwin, 2000). As espécies mais utilizadas para cobertura do solo são as leguminosas e mais recentemente as gramíneas, que vem ganhando destaque no sistema de plantio direto. As leguminosas possuem a capacidade de se associarem às bactérias fixadoras de nitrogênio e possibilitam elevado aporte desse elemento aos sistemas de produção (Barradas *et al.*, 2001; Padovan *et al.*, 2002). De maneira geral, a palhada das leguminosas, fragmentada e depositada na superfície do solo, apresenta rápida decomposição e liberação de nutrientes (Aita & Giacomini, 2003), o que tende a favorecer o desempenho agrônômico das culturas de ciclo curto, como as olerícolas.

Os resíduos vegetais das leguminosas são caracterizados pela baixa relação C/N favorecendo a rápida liberação de nitrogênio, mesmo quando os resíduos são mantidos sobre o solo (Seneviratne, 2000). Porém, nem sempre, a liberação dos nutrientes dos resíduos vegetais acompanha a demanda nutricional (curva de absorção) das espécies cultivadas no consórcio ou em sucessão. De maneira geral, a decomposição e liberação de N são proporcionais à concentração de N dos resíduos culturais (Isaac *et al.*, 2000; Singh *et al.*, 2004; Johnson *et al.*, 2007) e inversamente relacionados com a fração fibrosa e os teores de lignina (Oglesby & Fownes, 1992; Cobo *et al.*, 2002; Abiven *et al.*, 2005).

Para que um adubo verde seja empregado com eficiência na nutrição das culturas, em consórcios ou em sucessão, é de fundamental importância que haja sincronismo entre os nutrientes liberados pelos resíduos vegetais e a demanda da cultura de interesse comercial. A maior parte dos nutrientes necessários para a nutrição mineral encontra-se presentes nos resíduos vegetais. Com isso, a maximização da ciclagem de nutrientes, pelo adequado manejo dos resíduos vegetais produzidos num cultivo, é uma opção para aumentar a sustentabilidade dos sistemas agrícolas, otimizando os recursos internos (Chagas *et al.*, 2007).

A quantidade de nutrientes das leguminosas tem relação direta com a produção de fitomassa. Contudo os nutrientes na massa das leguminosas não são necessariamente 'aportes' dessas espécies, principalmente nos consórcios, uma vez que os nutrientes podem ser extraídos do mesmo volume de solo e no mesmo período em que são exigidos pelas culturas econômicas. Os nutrientes realmente aportados provêm da fixação biológica (N) ou de volume de solo não explorado pela cultura econômica, seja em profundidade ou em distância das plantas, ou em tempo diferente daquele de maior absorção da cultura econômica. Para o aproveitamento desse aporte, os nutrientes precisam estar disponíveis no período de maior demanda nutricional da cultura principal (Barrella, 2010).

Se houver alta taxa de mineralização dos nutrientes, contidos nos resíduos vegetais, fora do período de maior demanda nutricional da cultura de interesse econômico, pode haver perdas por lixiviação e a cultura não será beneficiada (Crews & Peoples, 2005).

A decomposição da fitomassa é regulada pela interação de três grupos de variáveis: as condições físico-químicas do ambiente, as quais são controladas pelo clima e pelas características edáficas do sítio; a qualidade (orgânica e nutricional) do substrato, que determina sua degradabilidade; e a natureza da comunidade decompositora, os macro e microrganismos (Heal *et al.*, 1997; Correia & Andrade, 1999). De modo geral, o clima controla o processo de decomposição em escala regional, enquanto a composição química domina o processo em escala local (Berg, 2000). O conhecimento da

ciclagem dos nutrientes nos agroecossistemas resultará em sua utilização mais eficiente pelas culturas e na redução dos impactos negativos ao ambiente (Holtz, 1995).

Assim, faz-se necessário o estudo das espécies de adubos verdes, o manejo dado a fitomassa desses, e o tempo de decomposição e liberação de nutrientes, para sincronizar as épocas de exigência nutricional da cultura econômica com a época de liberação de nutrientes.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a produção de massa seca, a decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio das leguminosas, feijão-de-porco e crotalária-júncea, cultivadas nas entrelinhas de pimenteiras em sistema orgânico.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido entre os meses de janeiro e julho de 2011 em área experimental do Departamento de Desenvolvimento Rural (DDR) no Centro de Ciências Agrárias, pertencente à Universidade Federal de São Carlos - UFSCar, situado no município de Araras-SP.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema fatorial 2x2 com 4 repetições. O primeiro fator foi constituído por duas espécies de adubos verdes: feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.) e crotalária-júncea (*Crotalaria juncea* L.) O segundo fator por duas formas de condução dos adubos verdes em consórcio com a Pimenta-biquinho: adubos verdes manejados (cortados) na floração das pimenteiras (75 dias após plantio-DAP); adubos verdes manejados na primeira colheita das pimenteiras (90 DAP).

As parcelas experimentais foram formadas por cinco linhas de 5 m de comprimento com o espaçamento de um metro entre as linhas. As plantas de pimentas foram espaçadas em 1 m entre si. Totalizando 25 (vinte e cinco) plantas de pimentas por parcela.

As mudas das pimentas biquinho, variedade Iracema Biquinho, foram formadas em dez bandejas de poliestireno expandido de 128 células,

utilizando-se o substrato comercial Bioplanta® entre os meses de outubro 2010 e dezembro de 2010.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho e sua análise química revelou as seguintes características: pH 5; 15 mg dm<sup>-3</sup> de P; 2,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 34 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 16 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 58 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al; 27 g dm<sup>-3</sup> de matéria orgânica; SB = 52,1 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC = 110,1 e V% = 47%.

O transplante das mudas das pimenteiras ocorreu no início do mês de janeiro de 2011; concomitantemente com a semeadura dos adubos verdes nas entrelinhas de plantio. A crotalária-júncea foi semeada na densidade 30 sementes por metro linear (estande final de 120 plantas de crotalária por entrelinha), e o feijão-de-porco na densidade de 3 sementes por metro linear (estande final de 12 plantas de feijão-de-porco por entrelinha). As pimenteiras das parcelas com os adubos verdes foram adubadas com 20 t ha<sup>-1</sup> de composto orgânico, 10 t ha<sup>-1</sup> foram aplicados nas covas de plantio no momento do transplante das mudas e 10 t ha<sup>-1</sup> aplicados sobre o solo, nas linhas de cultivo no período de floração das pimenteiras.

O composto orgânico utilizado no ensaio apresentou a seguinte composição química: 29,02 dag kg<sup>-1</sup> de carbono total; 0,31 dag kg<sup>-1</sup> de P; 0,36 dag kg<sup>-1</sup> de K; 1,05 dag kg<sup>-1</sup> de Ca; 0,20 dag kg<sup>-1</sup> de Mg; 1,17 dag kg<sup>-1</sup> de N total; 22 % de umidade e 0,87 g cm<sup>-3</sup> de densidade.

As plantas de feijão-de-porco e crotalária foram cortadas rentes ao solo com uso de facão, avaliadas, e posteriormente distribuídas na parcela entre as linhas da cultura principal, conforme os tratamentos (corte no florescimento ou na frutificação das pimenteiras).

A avaliação da produção de fitomassa dos adubos verdes (massa verde e seca) consistiu na retirada de todas as plantas das duas linhas centrais de cada parcela. As plantas foram cortadas e pesadas para a determinação da produção total de massa verde. Em seguida retirou-se uma sub-amostra uniforme, aproximadamente 500 g (contendo talos e folhas), por parcela, sendo estas colocadas em estufa de ventilação forçada de ar à temperatura de 65°C, até atingir peso constante, para quantificar o percentual de massa seca e

estimar a produção total de massa seca ( $t\ ha^{-1}$ ). O restante do material foi devolvido ao local de sua coleta. As sub-amostras também foram utilizadas para as análises dos seguintes nutrientes: nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio da parte aérea dos adubos verdes, segundo a metodologia descrita por Malavolta *et al.* (1989).

As taxas de decomposição das leguminosas foram avaliadas pela perda de matéria seca dos resíduos colocados sobre o solo até 60 dias após o corte. Foram colocadas 28 amostras de 100g de massa fresca, mantidas as porcentagens de folhas e caules semelhantes à apresentada pela espécie de adubo verde no momento do corte. As amostras do resíduo vegetal foram distribuídas nas entrelinhas das pimenteiras sobre o solo, e em seguida foram cobertas por uma tela de nylon com dimensão de 40 x 40 cm e malha de 4 mm<sup>2</sup>. O material foi amostrado aos: 0, 5, 10, 15, 20, 30, 40, 60 dias após a instalação do experimento, com quatro repetições para cada data (Diniz *et al.*, 2007).

Em cada época de amostragem o resíduo vegetal foi coletado, limpo com o auxílio de um pincel, para evitar acúmulo de solo, e seco em estufa à temperatura de 65°C até alcançar massa constante, sendo então pesado e triturado para determinação de nutrientes remanescentes, em cada época, conforme os métodos já mencionados.

Foram determinadas as taxas de decomposição e a liberação dos nutrientes N, P e K para cada uma das épocas e espécie de adubo verde, utilizando o modelo matemático exponencial, descrito por Thomas & Asakawa (1993):  $C = C_0 e^{-kt}$ . Em que C é a quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t, em dias;  $C_0$  é a quantidade de matéria seca ou nutriente inicial. O tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ), ou seja, o tempo necessário para perder metade da fitomassa vegetal e liberar a metade dos nutrientes existentes no tempo inicial foi calculado a partir dos valores de k, constante do modelo matemático, onde:  $T_{1/2} = \ln 0,5 / k$ .

Os resultados referentes às variáveis: massa verde e seca, acúmulo de macronutrientes foliares nos adubos verdes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância realizada para a variável massa verde revelou efeito significativo para a interação espécies x épocas de cortes. No corte realizado aos 75 dias após o plantio (DAP) as espécies feijão-de-porco e crotalária-júncea produziram quantidades semelhantes de massa verde. Já na segunda época de corte aos 90 DAP o feijão-de-porco produziu maior quantidade de massa verde (Tabela 1). Para a variável massa seca a análise de variância indicou efeito isolado da época de corte, independente da espécie. A maior produção de massa seca dos adubos verdes ocorreu aos 90 DAP (Tabela 2). A quantidade de massa seca produzida pela crotalária-júncea aos 75 DAP foi inferior ao valor mencionado por Pereira *et al.* (2011), em cultivo consorciado com milho. Os autores verificaram produção média de 2,4 t ha<sup>-1</sup> de massa seca de crotalária-júncea aos 65 DAP. Barrella (2010) avaliando a produção de massa seca de feijão-de-porco em consórcio com o cafeeiro verificou produções de 0,66 e 1,79 t ha<sup>-1</sup> aos 60 e 90 DAP, respectivamente; valores inferiores aos observados nesse trabalho. Em geral, constata-se grande variabilidade de resultados da produção de fitomassa de adubos verdes em sistemas consorciados. A produção de massa seca depende do local e época de cultivo, pois alguns adubos verdes como a crotalária-júncea apresentam sensibilidade ao fotoperíodo.

No cultivo consorciado é desejável que as espécies apresentem características morfológicas diferentes, para evitar a competição por água, nutrientes e energia luminosa. Nesse sistema a divisão da radiação solar incidente sobre as plantas será determinada pela altura das plantas, pela forma de distribuição das folhas no espaço e pela eficiência de interceptação e absorção. O sombreamento causado pela cultura mais alta reduz a quantidade de radiação solar que incide sobre a cultura mais baixa (Maciel *et al.*, 2004). Ressalta-se que as produções de massa seca podem definir a quantidade de macronutrientes acumulados nas plantas de adubos verdes, e que potencialmente podem ser disponibilizados para as culturas em consórcios.

Para os macronutrientes N, P e Mg as análises de variâncias revelaram efeitos isolados da época de corte, independente das espécies de adubos verdes. Ambas espécies apresentaram maiores acúmulos aos 90 DAP, época de maior produção de massa seca (Tabela 2). A quantidade de N acumulada na massa seca dos adubos verdes,  $118 \text{ kg ha}^{-1}$ , aproximou-se da dose de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio recomenda para a cultura da pimenteira (Raij *et al.*, 1996). No entanto, sabe-se que nem todo o N acumulado pelos adubos verdes estará disponível para as plantas de pimenta. A mineralização do N-orgânico no solo depende da qualidade do resíduo vegetal, da atividade microbiana, do manejo do solo e das condições climáticas (Bayer & Mielniczuk, 2008).

Já para os nutrientes K e Ca verificaram-se efeitos isolados para épocas de cortes e espécie de adubos verdes. A espécie que proporcionou o maior acúmulo de Ca e K foi o feijão-de-porco. Fontanétti *et al.* (2006) observaram acúmulo de Ca semelhantes entre as espécies crotalária-júncea e feijão-de-porco, quando o corte foi realizado no florescimento das espécies. Vargas *et al.* (2011), também observaram acúmulos de K semelhantes na fitomassa das espécies feijão-de-porco e crotalária-júncea, na fase de floração. A variação no acúmulo de nutrientes na fitomassa dos adubos verdes pode estar relacionada com a fase fenológica dos mesmos na época de corte, e também com as características edafoclimáticas do local de plantio. Nos primeiros meses do período vegetativo, por exemplo, ocorre a mais alta porcentagem de nitrogênio nos tecidos das leguminosas, mas a maior quantidade se encontra na floração (Monegat *et al.*, 1991; Calegari *et al.*, 1993; Carvalho & Amabile *et al.*, 2006). Fato que também pode ocorrer com os demais nutrientes.

Na primeira época de corte dos adubos verdes (75 DAP) as decomposições das massas secas das espécies foram semelhantes. O tempo necessário para a decomposição de metade dos resíduos vegetais, tempo de meia vida, foi de 69 dias para ambas as espécies (Tabela 4). No entanto, na segunda época de corte, aos 90 DAP, os resíduos vegetais do feijão-de-porco apresentaram taxa de decomposição superior aos resíduos de crotalária-júncea, tempo de meia vida de 35 e 77 dias, respectivamente (Tabela 4). A

crotalária-júncea por apresentar maior relação talos/folhas, seus resíduos possuem maior teor de lignina, tendendo a se decompor lentamente (Silva *et al.*, 2003). Provavelmente, aos 90 DAP as plantas de crotalária-juncea encontravam-se mais lignificadas o que retardou o tempo de decomposição.

A liberação do N dos resíduos vegetais de feijão-de-porco apresentaram comportamento semelhante ao da decomposição da massa seca. O tempo de meia vida do N foi de 69 e 35 dias após o corte, aos 75 e 90 dias respectivamente. No entanto, a liberação do N dos resíduos de crotalária-júncea ocorreu mais rapidamente no primeiro corte ( $T_{1/2} = 35$ ) em relação ao segundo corte (Tabela 5). Barrella (2010) avaliando a taxa de decomposição e liberação de nitrogênio da fitomassa de feijão-de-porco, cortado aos 90 DAP, em consórcio com o cafeeiro verificou o tempo de meia vida de 25 dias, tempo menor que o observado nesse trabalho. O autor destaca que o padrão de decomposição da massa seca e a liberação de nitrogênio podem ser atribuídos principalmente a dois fatores: composição dos resíduos e as condições climáticas.

O fósforo foi o nutriente liberado mais lentamente dos resíduos vegetais em ambas as espécies. O tempo de liberação de metade do P acumulado nos resíduos vegetais foi superior ao tempo de decomposição de metade da massa seca (Tabela 6). O potássio foi o nutriente liberado mais rapidamente dos resíduos vegetais aos 23 dias para o feijão-de-porco e aos 33 dias para a crotalária-júncea (Tabela 7). O K não está associado a nenhum componente estrutural do tecido vegetal (Taiz & Zeiger, 2003). De acordo com Rosolem *et al.* (2003) o potássio não é metabolizado na planta e forma ligações com complexos orgânicos de fácil reversibilidade. Sendo, portanto, rapidamente liberado no processo de decomposição dos resíduos vegetais.

De forma geral, as liberações dos nutrientes dos resíduos vegetais acompanharam a demanda nutricional proposta para o pimentão, independente da época de corte. De acordo com Marcussi *et al.* (2004) o período de maior extração de nutrientes em plantas de pimentão, ocorreu entre 120 e 140 dias após o transplântio (DAT), coincidindo com o maior acúmulo de fitomassa seca. Apenas 8% a 13% da quantidade total de macronutrientes acumulados aos 140

dias após o transplante (DAT) foram absorvidos aos 60 DAT; 60% do total acumulado de N, P e Ca foram absorvidas no final do ciclo, a exceção do K que foi mais absorvido no início do ciclo.

## CONCLUSÕES

A maior produção de massa seca dos adubos verdes ocorreu no corte realizado aos 90 dias após plantio (DAP). Essa também foi a época que proporcionou os maiores acúmulos dos nutrientes N, P e Mg.

O feijão-de-porco foi mais eficiente na reciclagem de Ca e K do solo, pois apresentou maior acúmulo desses nutrientes em sua fitomassa. Também foi a espécie com maior taxa de decomposição de massa seca e liberação do K no corte realizado aos 90 DAP. Os resíduos de crotalária-júncea liberaram mais lentamente o nitrogênio quando o corte foi realizado aos 90 DAP. O fósforo foi o nutriente que apresentou menor taxa de mineralização, independente da época de corte e espécies de adubos verdes.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

ABIVEN, S. et al. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 42, n. 2, p. 119-128, nov. 2005.

AITA, C.; GIACOMINI, S. J. Decomposição e liberação de nitrogênio de resíduos culturais de plantas de cobertura de solo solteiras e consorciadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 4, p. 601-612, jul./ago. 2003.

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. A. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais & subtropicais**. Porto Alegre: Metrópole. 2008. p. 7-16.

BARRADAS, C. A. A. et al. Comportamento de adubos verdes de inverno na região serrana fluminense. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 12, p. 1461-1468, dez. 2001.

BARRELLA, T. P. **Manejo de espécies de leguminosas em cafezal sob cultivo orgânico**. 2010. 92 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 2010.

BERG, B. Litter decomposition and organic matter turnover in northern forest soil. **Forest Ecology and Management**, Amsterdam, v. 133, n. 1-2, p. 13-22, aug. 2000.

CALEGARI, A. et al. Aspectos gerais da adubação verde. In: COSTA, M. B. B. (Coord.). **Adubação verde no sul do Brasil**. 2. ed. Rio de Janeiro: Assessoria e Serviços a Projetos em Agricultura Alternativa. 1993. p. 1-56.

CARVALHO, A. M.; AMABILE, R.F. Plantas condicionadoras de solo: interações edafoclimáticas, uso e manejo. In: \_\_\_\_\_. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrados. 2006. p. 143-170.

CHAGAS, E. et al. Decomposição e liberação de nitrogênio, fósforo e potássio de resíduos da cultura do feijoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 723-729, jul./ago. 2007.

CREAME, N. G.; BALDWIN, K. R. An evaluation of summer cover crops for use in vegetable production systems in North Carolina. **HortScience**, Alexandria, v. 35, n. 4, p. 600-603, 2000.

CREWS, T. E.; PEOPLES, M. B. Can the synchrony of nitrogen supply and crop demand be improved in legume and fertilizer-based agroecosystems? A review. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, Dordrecht, v. 72, n. 2, p. 101-120, jun. 2005.

COBO, J. G. et al. Decomposition and nutrient release by green manures in a tropical hillside agroecosystem. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 240, n. 2, p. 331-342, mar. 2002.

CORRÊA, J. C. Efeito de sistemas de cultivo na estabilidade de agregados de um Latossolo Vermelho-Amarelo em Querência, MT. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 203-209, fev. 2002.

CORREIA, M. E. F.; ANDRADE, A. G. Formação de serapilheira e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. A.; CAMARGO, F. A. O. (Org.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese. 1999. p. 197-225.

DINIZ, E. R. et al. Green manure incorporation timing for organically grown broccoli. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 2, p. 199-206, fev. 2007.

FONTANÉTTI A. et al. Adubação verde na produção orgânica de alface americana e repolho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 24, n. 2, p. 146-150, abr./jun. 2006.

HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M.; SWIFT, M. J. Plant litter quality and decomposition: An historical overview. In: CADISCH, G.; GILLER, K. E. (Org.)

**Driven by nature:** Plant litter quality and decomposition. Wallingford: CAB International, 1997. p. 3-30.

HOLTZ, G. P. **Dinâmica da decomposição da palhada e a distribuição do carbono, nitrogênio e fósforo numa rotação de culturas sob plantio direto na região de Carambeí/PR.** 1995, 129 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 1995.

ISAAC, L.; WOOD, C. W.; SHANNON, D. A. Decomposition and nitrogen release of prunings from hedgerow species assessed for alley cropping in Haiti. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 3, p. 501-511, may. 2000.

JOHNSON, J. M. F.; BARBOUR, N. W.; WEYERS, S. L. Chemical composition of crop biomass impacts its decomposition. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 71, n. 1, p. 155-162, jan./feb. 2007.

MACIEL, A. D. et al. Comportamento do feijoeiro em cultivo consorciado com o milho em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 273-278, 2004.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas, princípios e aplicações.** Piracicaba: POTAFOS. 1998. 210 p.

MARCUSSI, F. F. N. et al. Macronutrient accumulation and partitioning in fertigated sweet pepper plants. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 1, p. 62-68, jan./fev. 2004.

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

OGLESBY, K. A.; FOWNES, J. H. Effects of chemical composition on nitrogen mineralization from green manures of seven tropical leguminous trees. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 143, n. 1, p. 127-132, jun. 1992.

PADOVAN, M. P. et al. Avaliação de cultivares de soja, sob manejo orgânico, para fins de adubação verde e produção de grãos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 12, p. 1705-1710, dez. 2002.

PEREIRA, L. C. et al. Comportamento de cultivares de milho consorciados com *Crotalaria juncea*: estudo preliminar. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 6, n. 3, p. 191-200, 2011.

PERIN, A.; TEIXEIRA, M. G.; GUERRA, J. G. M. Desempenho de algumas leguminosas com potencial para utilização como cobertura viva permanente de solo. **Agronomia**, Itaguaí, v. 34, n. 1-2, p. 38-43, 2000.

RAIJ, B. Van et al. (Ed.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed, Campinas: IAC. 1996. 256 p.

ROSOLEM, C. A.; CALONEGO, J. C.; FOLONI, J. S.S. Lixiviação de potássio da palhada de espécies de cobertura do solo de acordo com a quantidade de chuva aplicada. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 355-362, mar./abr. 2003.

SENEVIRATNE, G. Litter quality and nitrogen release in tropical agriculture: a synthesis. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 31, n. 1, p. 60-64, apr. 2000.

SINGH, Y. et al. Effects of residue decomposition on productivity and soil fertility in rice wheat rotation. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v. 68, n. 3, p. 854-864, may. 2004.

SILVA, T. R. B. et al. Adubação nitrogenada e resíduos vegetais no desenvolvimento feijoeiro em sistema de plantio direto. **Acta Scientiarum: Agronomy**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 81-87, 2003.

SOUZA, W. J. O.; MELO, W. J. Teores de nitrogênio no solo e nas frações da matéria orgânica sob diferentes sistemas de produção de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 885-896, 2000.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. São Paulo: Artmed. 2003. 720 p.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, oct. 1993.

VARGAS T. O. et al. Influência da fitomassa de leguminosas sobre a produção de repolho em dois cultivos consecutivos. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 4, p. 562-568, out./dez. 2011.

**Tabela 1.** Valores médios de massa verde das espécies de adubos verdes em função das épocas de corte 75 e 90 dias após o plantio (DAP) Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	Épocas de Corte	
	75 DAP	90 DAP
	t ha <sup>-1</sup>	
Crotalária-júncea	6,57 b A	13,30 a B
Feijão-de-porco	9,60 b A	27,16 a A
CV %	26,36	

Médias seguidas pelas mesmas letras, minúscula na linha e maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 2.** Valores médios de massa seca (MS) e de acúmulos de nitrogênio (N), fósforo (P) e Magnésio (Mg) das espécies de adubos verdes em função das épocas de cortes 75 e 90 dias após plantio (DAP) Araras, UFSCar, 2011.

Épocas de corte	MS	N	P	Mg
	t ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>		
75 DAP	1,52 B <sup>1</sup>	43,29 B	5,09 B	4,80 B
90 DAP	3,70 A	118,63 A	9,73 A	10,52 A
CV (%)	21,64	26,00	19,27	28,0

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 3.** Acúmulos de potássio (K) e cálcio (Ca) nos adubos verdes e nas épocas de cortes 75 e 90 dias após plantio (DAP) Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	K	Ca
	kg ha <sup>-1</sup>	
Crotalária- júncea	42,91 B	23,02 B
Feijão-de-porco	58,95 A	56,75 A
<b>Épocas</b>		
75 DAP	42,91 B	25,01 B
90 DAP	69,04 A	54,75 A
CV (%)	21,61	37,00

Médias seguidas pelas mesmas letras, maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5 % de probabilidade.

**Tabela 4.** Equações das estimativas da decomposição da massa seca com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	Cortes dias	Equação	t	$T_{1/2}$	$R^2$
Feijão-de-porco	75	$Y = 25.38 e^{-0.01t}$	-0,01	69 dias	0.69
Crotalária-júncea		$Y = 22.83 e^{-0.01t}$	-0,01	69 dias	0.68
Feijão-de-porco	90	$Y = 28.79 e^{-0.02t}$	-0,02	35 dias	0.94
Crotalária-júncea		$Y = 25.25 e^{-0.009t}$	-0.009	77 dias	0.89

**Tabela 5.** Equações das estimativas da mineralização do nitrogênio com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	Cortes dias	Equação	k	$T_{1/2}$	$R^2$
Feijão-de-porco	75	$Y = 25.55 e^{-0.01t}$	-0,01	69 dias	0.82
Crotalária-júncea		$Y = 28.71 e^{-0.02t}$	-0,02	35 dias	0.92
Feijão-de-porco	90	$Y = 23.06 e^{-0.02x}$	-0,02	35 dias	0.85
Crotalária-júncea		$Y = 23.40 e^{-0.01x}$	-0,01	69 dias	0.78

**Tabela 6.** Equações das estimativas da mineralização do fósforo com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	Cortes dias	Equação	k	$T_{1/2}$	$R^2$
Feijão-de-porco	75	$Y= 2.898 e^{-0.009t}$	-0,009	77 dias	0.71
Crotalaria-júncea		$Y= 3.030 e^{-0.009t}$	-0,009	77 dias	0.66
Feijão-de-porco	90	$Y=2.065e^{-0.01t}$	- 0,01	69 dias	0.76
Crotalaria-júncea		$Y=2.895e^{-0.009t}$	-0,009	77 dias	0.77

**Tabela 7.** Equações das estimativas da mineralização do potássio com as respectivas constantes de decomposição (k) em função do tempo (t) de decomposição e tempo de meia vida ( $T_{1/2}$ ) das leguminosas Araras, UFSCar, 2011.

Espécies	Cortes dias	Equação	k	$T_{1/2}$	$R^2$
Feijão-de-porco	75	$Y = 17.45e^{-0.03x}$	-0,03	23 dias	0.92
Crotalária-júncea		$Y = 15.19e^{-0.02x}$	-0,02	35 dias	0.88
Feijão-de-porco	90	$Y = 12.65e^{-0.03x}$	-0,03	23 dias	0.84
Crotalária-júncea		$Y = 9.891e^{-0.02x}$	-0,02	35 dias	0.75

**ANEXO I****IMAGEM:**

Localização da área experimental. Destaque em amarelo para a área útil (800 m<sup>2</sup>) destinada ao experimento: Adubação verde em cultivo consorciado para produção de Pimenta-biquinho.



**Fonte:** Google Earth (acesso em 09/04/2012)

**FIGURAS:**

**Figura 1.** Instalação do experimento – CCA/UFSCar.



**Figura 2.** Transplântio das mudas de Pimenta-biquinho (*Capsicum chinense*).



**Figura 3.** Semeadura dos adubos verdes, crotalaria-júncea (*Crotalaria juncea* L.) e feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis* D.C.).



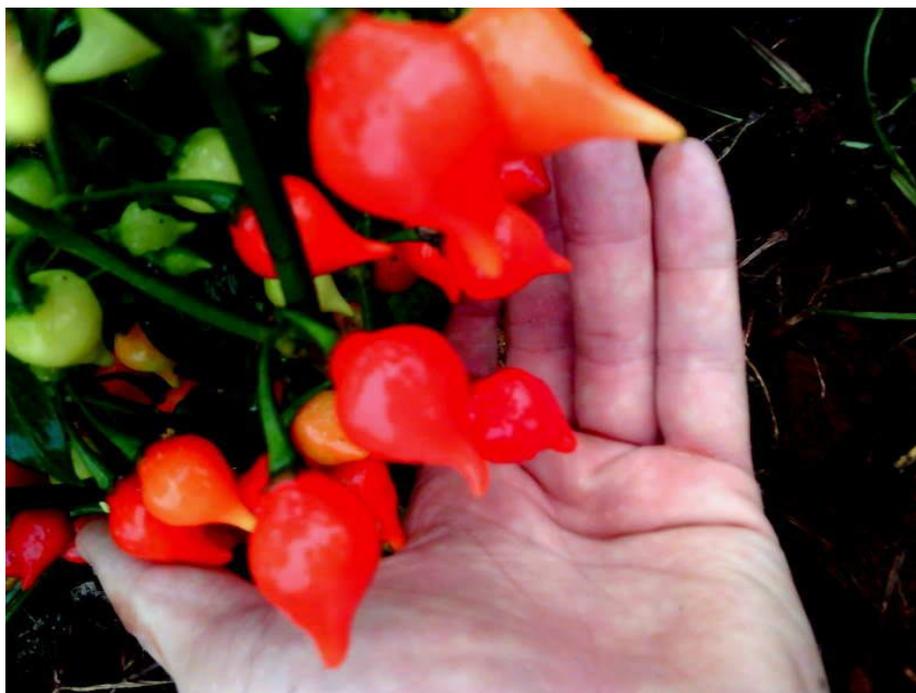
**Figura 4.** Início do desenvolvimento vegetativo das plantas, 15 dias após transplante das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes, em primeiro plano, plantas de crotalária-júncea.



**Figura 5.** Desenvolvimento vegetativo das plantas, 30 dias após o transplante das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes, em primeiro plano, plantas de feijão-de-porco.



**Figura 6.** Corte da crotalaria-júncea aos 75 dias após o transplante das mudas de Pimenta-biquinho e da semeadura dos adubos verdes.



**Figura 7.** Frutos de Pimenta-biquinho na primeira colheita.