

RENATA LÚCIA SOUTO

**LEGUMINOSAS E PLANTAS ESPONTÂNEAS EM SISTEMAS
AGROECOLÓGICOS DE PRODUÇÃO DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2006

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

S728L
2006

Souto, Renata Lúcia, 1977-

Leguminosas e plantas espontâneas em sistemas agroecológicos de produção de café / Renata Lúcia Souto.
– Viçosa, MG, 2006.
xiii, 69f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Inclui anexos.

Orientador: Irene Maria Cardoso.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 59-64

1. Fertilidade do solo. 2. Agricultura familiar. 3. Cultivo consorciado. 4. Café - Cultivo. 5. Café - Nutrição. 6. Leguminosa. 7. Solos - Conservação. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 22. cd. 631.422

RENATA LÚCIA SOUTO

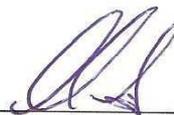
**LEGUMINOSAS E PLANTAS ESPONTÂNEAS
EM SISTEMAS AGROECOLÓGICOS DE
PRODUÇÃO DE CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

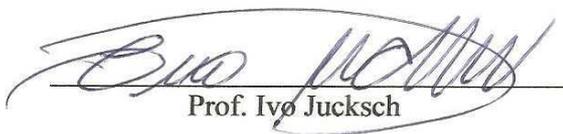
APROVADA EM: 21 de fevereiro de 2006.



Prof. Eduardo de Sá Mendonça
(Coorientador)



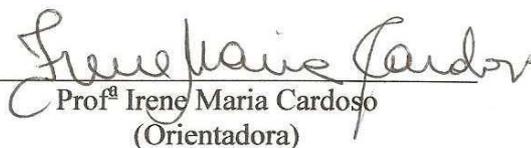
Prof. Claudenir Favero



Prof. Ivo Jucksch



Prof. Raphael Bragança Alves Fernandes



Prof.ª Irene Maria Cardoso
(Orientadora)

*Aos agricultores familiares de todo Brasil.
Ao meu marido, José Eduardo.
Aos meus filhos, Dandara e Théo.*

*Com carinho e admiração,
Dedico.*

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida saudável e alegria de caminhar.

À Universidade Federal de Viçosa e ao Departamento de Solos, pela oportunidade de cursar o Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado, e de me conceder o título de Mestre.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

À professora Irene, pela orientação, amizade, paciência, disciplina e pelo comprometimento com a agroecologia.

Ao professor Ivo, pelo acolhimento, abraço amigo e pela orientação a qualquer hora.

Ao professor Eduardo, pelo exemplo de profissionalismo e pela alegria de lecionar.

Ao professor Anor, pela poesia, luz e dedicação à causa agroecológica.

Ao Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM), pela experiência e oportunidade da convivência com tanta gente de bem e feliz.

Aos professores Raphael, Claudenir, Cristine, Flávia Cristina, Júlio e João Ker, pelos ensinamentos transmitidos.

À Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro e ao professor Everaldo Zonta, que tornaram possíveis minha passagem por Viçosa-MG.

Ao meu pai, pelo exemplo de perseverança e honestidade que tento alcançar.

Aos amigos Helton, Beno, Célia, Márcio, Eduardo, Verônica, Edigley, Karine, Igor e S. Brás.

A todos os agricultores familiares, por me receberem em suas casas, mostrando o entusiasmo e o amor pela agroecologia.

Ao meu padrinho, Edilberto, pelo exemplo de militância.

À minha mãe, pelas orações e pela bondade.

À minha irmã, pelo apoio e incentivo de sempre.

À minha filha, Dandara, meu espelho que me faz ser uma pessoa melhor.

Ao meu filho Théo, pela oportunidade de viver o parto natural em nosso lar, tornando-me mais forte e perseverante.

Ao meu marido, José Eduardo, pelo companheirismo e amor incondicionais em todos os momentos.

A todos que, direta e indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA

RENATA LÚCIA SOUTO nasceu em 14 de fevereiro de 1977, na cidade do Rio de Janeiro-RJ.

Em 1993, concluiu o curso Técnico de Química pela Fundação Técnico-Educacional Souza Marques, no Rio de Janeiro-RJ.

Em 1998, ingressou no curso de Engenharia Agrônoma da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, graduando-se como Engenheira-Agrônoma em maio de 2003.

Em março de 2003, ingressou no Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Em abril de 2005, assumiu o cargo de Engenheira Agrônoma no Centro Agroecológico Tamanduá, CAT, em Governador Valadares-MG.

Em fevereiro de 2006, defendeu a dissertação de Mestrado no Departamento de Solos e Nutrição de Plantas da Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
CAPÍTULO 1.....	10
Resumo	10
1 Introdução	11
2 Material e métodos.....	16
3 Resultados e discussão.....	17
4 Considerações finais	19
5 Agradecimentos	19
CAPÍTULO 2.....	21
Resumo	21
1 Introdução	22
2 Material e métodos.....	25
2.1 Localização dos experimentos	25
2.2 Caracterização química e bioquímica dos adubos verdes.....	28
2.3 Velocidade de decomposição dos adubos verdes	29
2.4 Análises estatísticas	29
3 Resultados e discussão.....	29
3.1. Produção de biomassa na parte aérea de adubos verdes.....	29

	Página
3.2 Composição química dos adubos verdes	31
3.3 Composição bioquímica dos adubos verdes	34
3.4 Taxa de decomposição de adubos verdes	36
4 Considerações finais	41
CAPÍTULO 3.....	42
Resumo	42
1 Introdução	43
2 Material e métodos.....	45
2.1 Localização dos experimentos	45
2.2 Evolução de CO ₂	47
2.3. Mineralização líquida de nitrogênio	49
3 Resultados e discussão.....	50
3.1 Evolução de CO ₂	50
3.2 Mineralização de N	54
4 Considerações finais	56
CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS	58
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59

RESUMO

SOUTO, Renata Lúcia, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2006.
Leguminosas e plantas espontâneas em sistemas agroecológicos de produção de café. Orientadora: Irene Maria Cardoso. Coorientadores: Eduardo de Sá Mendonça e Paulo Cezar de Lima.

A agricultura familiar é predominante na Zona da Mata de Minas Gerais, e a utilização das terras se dá principalmente com a utilização de pastagem e do café, quase sempre consorciados com culturas de subsistência. A disponibilidade de nutrientes em sistemas agroecológicos é um dos fatores mais limitantes para a produção, principalmente em se tratando de áreas declivosas, cujo solo, em geral, tem menor fertilidade natural, como é o caso da Zona da Mata de Minas Gerais. A manutenção da ciclagem de nutrientes nestes ambientes se faz necessária, tanto do ponto de vista nutricional para a cultura em questão, em especial o café, como para fins de recuperação e conservação ambientais, como redução da erosão e incremento da biodiversidade. Dentro de uma proposta agroecológica de geração de renda e qualidade de vida, torna-se imprescindível o uso de práticas que valorizem o conhecimento local e a preservação da diversidade de espécies nas propriedades, dentre elas a vegetação espontânea. Este trabalho teve como objetivos identificar o uso e o manejo das espécies espontâneas pelos agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais, em sistemas de produção agroecológica, com enfoque nas áreas de cultivo de café; investigar a produção de biomassa, a velocidade de decomposição e a composição química e

bioquímica das leguminosas *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* e de um conjunto de plantas espontâneas, em dois municípios com diferentes condições edafoclimáticas (Araponga e Pedra Dourada); e aprofundar a dinâmica de mineralização de C e N das leguminosas *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* e de um conjunto de plantas espontâneas, e as relações com a taxa de decomposição e a qualidade destes materiais vegetais nos dois municípios. Para isto, agricultores foram entrevistados e suas propriedades foram visitadas. Informações foram também coletadas durante encontros com os agricultores. Dezesesseis espécies de plantas espontâneas apareceram como as mais comuns na lavoura de café. Quinze são utilizadas como cobertura do solo, duas como medicinal, três como alimento humano e uma como melífera. Uma única espécie pode ter mais de uma utilização pelo agricultor. Em relação às condições de fertilidade do solo, três são encontradas em solos com alta fertilidade, nove em fertilidade média, e quatro em fertilidade baixa. No que diz respeito à importância na nutrição do café, cinco têm muita importância, quatro têm importância média, e sete têm pouca importância. Das seis espécies que os agricultores deixam crescer nas áreas de cultivo, cinco delas têm importância para a nutrição do café, levando a crer que estas plantas cumprem um papel importante na ciclagem de nutrientes. *L. purpureus* apresentou menor produção de matéria seca (1,82 kg/ha) em Araponga, local com maior altitude, e os outros adubos não diferiram entre si e foram superiores à *L. purpureus*. Já em Pedra Dourada, todos os valores foram semelhantes. Em relação à composição química, os valores mais altos de N, em kg/ha, foram para *C. cajan*, que foi superior à *L. purpureus*, *C. spectabilis* e espontâneas. Os valores de P, K, Ca e Mg não diferiram entre todos os adubos verdes. *C. spectabilis* apresentou maior teor de nutrientes e *L. purpureus*, menor. Quanto à facilidade de decomposição, todas as leguminosas apresentaram-se com tendências semelhantes, à exceção de *L. purpureus* em Araponga, que se decompôs mais facilmente. Este material, por sua vez, possui relação PP/N maior, com o favorecimento, então, da decomposição em curto prazo. Pode-se concluir que as plantas espontâneas apresentaram-se com resultados semelhantes às leguminosas para composição química. Em geral, as taxas de decomposição foram maiores em menor altitude e em adubos com relação C/N, LG/PP, PP/N e (LG+PP)/N menores. Os maiores teores de C-CO₂ acumulados foram encontrados para *C. cajan*, e os menores para as espontâneas, este último podendo estar associado à maiores taxas de hemicelulose destas espécies. Os valores totais de C-CO₂

foram maiores numa maior altitude. Em relação à dinâmica de N, houve predomínio de mineralização de N. Os maiores valores de N total mineralizado foram encontrados para *C. cajan*, em ambas as localidades, e os menores valores para espontâneas. Os valores em geral foram maiores em Pedra Dourada que em Araponga, diferença esta que pode ser atribuída às diferenças edafoclimáticas. O comportamento das espontâneas foi distinto das leguminosas, mas de relevância em médio prazo, em um sistema agroecológico que valorize a diversidade e o incremento da ciclagem de nutrientes. Pode-se concluir que o agricultor utiliza e maneja as espécies espontâneas com o fim de proteção do solo, ciclagem de nutrientes, alimento ou medicinal. Além disso, essas plantas podem ser boas indicadoras de qualidade do solo. É necessário valorizar e reconhecer o uso das plantas espontâneas e estudá-las, como alternativas para uma agricultura mais sustentável. É importante que haja interação de diferentes adubos verdes, combinando velocidade de decomposição às necessidades da cultura principal e aos objetivos do agricultor. Conclui-se também que a mineralização de C é influenciada pela relação lignina/polifenóis, e a mineralização de N pelo teor de polifenóis e pelas relações C/N, LG/N, PP/N e (LG+PP)/N.

ABSTRACT

NIGRO DEPRÁ, Renata Lúcia Souto, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2006. **Leguminous and spontaneous plants under agro-ecological coffee production systems.** Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-advisers: Eduardo de Sá Mendonça and Paulo Cezar de Lima.

Family farming predominates in Zona da Mata, Minas Gerais, with land being mainly used for pasture and coffee, most often intercropped with subsistence crops. Nutrient availability in agro-ecological systems is one of the most limiting factors for production, especially in slope areas, whose soil, in general, has lower natural fertility, such as Zona da Mata de Minas Gerais. Maintaining nutrient cycling in these environments is necessary, both from the nutritional point of view for the culture of interest, especially coffee, and for environmental recovery and conservation, such as erosion reduction and biodiversity enhancement. As part of an agro-ecological proposal to generate income and quality of life, practices must be adopted to increase local knowledge and species diversity preservation on the farms, such as spontaneous vegetation. This work aimed to identify the use and management of spontaneous species by family farmers in Zona da Mata, Minas Gerais, in agro-ecological production systems, focusing on coffee plantation areas; to investigate biomass production, decomposition velocity and chemical and biochemical composition of the leguminous plants *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* and of a set of spontaneous plants in two municipalities with different edapho-climatic conditions (Araponga and Pedra Dourada); and to learn the dynamics of C and N mineralization of

the leguminous plants *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* and of a set of spontaneous plants, and the relations with the decomposition rate and quality of these plant materials in both municipalities. Thus, farmers were interviewed and their properties visited. Information was also collected during meetings with the farmers. Sixteen species of spontaneous plants were considered to be the most common in the coffee crop. Fifteen are used as soil cover, two as medicinal plants, three as human food and one as melliferous plants. A single species can have more than one use by the farmer. Regarding soil fertility conditions, three species are found in soils with high fertility, nine in soils with medium fertility, and four in soils of low fertility. Regarding the importance of coffee nutrition, five species had high importance, four, medium importance, and seven, little importance. Out of the species that farmers allow to grow in the cultivation areas, five are important for coffee nutrition, leading to believe that these plants play an important role in nutrient cycling. *L. purpureus* presented a lower dry matter production (1.82 kg/ha) in Araponga, a place with higher altitude, and the other fertilizers did not differ from one another and were superior to *L. purpureus*. As for Pedra Dourada, all the values were similar. Regarding chemical composition, the highest N values in kg/ha, were for *C. cajan*, which was higher than *L. purpureus*, *C. spectabilis* and spontaneous plants. The P, K, Ca and Mg values did not differ among all the green fertilizers. *C. spectabilis* presented a higher content of nutrients and *L. purpureus*, a lower one. As for tendency for decomposition, all the leguminous plants presented similar behavior, except for *L. purpureus* in Araponga, which decomposed more easily. This material has a higher PP/N relation, which, in turn, favors a short-term decomposition. It can be concluded that the spontaneous plants presented results similar to those presented by the leguminous plants for chemical composition. Overall, the decomposition rates were higher under lower altitude and fertilizers with lower C/N, LG/PP, PP/N and (LG+PP)/N relation. The higher contents of C-CO₂ accumulated were found for *C. cajan*, and the lowest for the spontaneous species, with the latter possibly being associated with the higher hemi-cellulose rates of these species. The total values of C-CO₂ were higher at a higher altitude. With regard to the dynamics of N, there was a predominance of N mineralization. The highest values of total mineralized N were found for *C. cajan*, in both localities, and the lowest values for the spontaneous species. Values, overall, were higher in Pedra Dourada than in Araponga, with such difference likely being attributed to edapho-climatic differences. The behavior of the spontaneous

species differed from that of the leguminous plants, but relevant in a medium term, under an agro-ecological system that values diversity and nutrient cycling enhancement. It can be concluded that the farmer uses and manages the spontaneous species to protect the soil, nutrient cycling, and plant production for food or medicinal purposes. In addition, these can be good indicators of soil quality. It is necessary to value and recognize the use of spontaneous plants and study them as alternatives for a more sustainable agriculture. Interaction of different green fertilizers should occur, combining decomposition velocity with the major crop's needs and the farmer's objectives. It is also concluded that C mineralization is influenced by the lignin/polyphenol relation, and N mineralization through the content of polyphenols and the C/N, LG/N, PP/N and (LG+PP)/N relations.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A Zona da Mata de Minas Gerais, região onde se desenvolveu o trabalho aqui apresentado, localiza-se a sudeste do Estado, no Bioma da Mata Atlântica (Figura 1), onde a agricultura familiar é dominante. Os agricultores familiares utilizam suas terras principalmente com pastagem e café, quase sempre consorciado com cultura de subsistência como milho, feijão, mandioca e outros (GOMES, 1986). Os ambientes são de difícil manejo, sendo comuns declividades acentuadas (20 a 45 % de declividade) e solos com fertilidade natural baixa.

A Zona da Mata possui altitude que varia de 200 a 1.800 m, podendo ser dividida em três regiões características, sendo a região 1 de 200 a 600 m, com temperaturas médias variando entre 18 e 30 °C; a região 2 de 600 a 1.200 m, com temperaturas médias entre 17 e 25 °C; e a região 3 de 1.200 a 1.800 m, com temperaturas médias entre 13 e 21°C (GOLFARI, 1975).

Nesta região, assim como no resto do Brasil, a descapitalização dos agricultores é comum, e tem origem principalmente na variação dos preços pagos pelo café e na introdução de tecnologias que visavam assegurar altas produtividades, com base na utilização de grande quantidade de insumos externos, principalmente a partir da Revolução Verde (CTA/ZM, 2002). Estas tecnologias causaram problemas ambientais e sociais, como perda de biodiversidade, poluição por agrotóxicos, perda da qualidade da água, erosão do solo, desmatamento e enfraquecimento da economia familiar. Atualmente, a maioria dos agroecossistemas da região apresenta baixa produtividade,



Fonte: CTA/ZM (2002).

Figura 1 – Localização da Zona da Mata e municípios de atuação do Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA/ZM).

com práticas agrícolas não adaptadas às suas características ambientais (FERRARI, 1996).

Para buscar alternativas ao modelo da Revolução Verde, em 1988, foi fundado o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA/ZM), uma organização não governamental (ONG), que atua na região (Figura 1) em conjunto com as organizações dos agricultores, como associações e sindicatos de trabalhadores rurais (STRs), em parcerias com organizações governamentais, como a Universidade Federal de Viçosa (UFV) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Uma das bases científicas de atuação do CTA/ZM é a agroecologia, campo do conhecimento que promove o manejo ecológico dos recursos naturais, por meio de formas da ação social coletiva, a valorização do conhecimento local e o uso de práticas que potencializam a biodiversidade e os processos biológicos (GÚZMAN, 2002; ALTIERI, 2004).

Na agroecologia, o resgate de práticas tradicionais de convivência mais harmônica com o meio ambiente e que dê melhores condições de vida aos agricultores é imprescindível, juntamente com as descobertas e redescobertas de novas práticas agrícolas. Neste cenário, em 1993, o CTA/ZM e o STR de Araponga em parceria com o Departamento de Solos (DPS) da UFV, realizaram um Diagnóstico Rural Participativo (DRP) piloto, durante o qual os agricultores apontaram o enfraquecimento do solo como um dos principais problemas do município. Com uma forte integração entre os agentes envolvidos, formaram-se algumas comissões, compostas por membros das comunidades sensibilizadas, e do CTA/ZM e da UFV, dentre elas a comissão denominada “Terra Forte”, comissão esta que objetivava encaminhar as questões referentes ao manejo e à recuperação dos solos. Várias propostas preconizadas pela agroecologia foram discutidas para superar este problema, entre elas o uso de adubação verde e o manejo de plantas espontâneas (CARDOSO *et al.*, 2001; CTA/ZM, 2002). Estas propostas foram, em maior ou menor escala, implantadas em outros municípios de atuação do CTA/ZM, para além de Araponga, como, por exemplo, no município de Pedra Dourada.

Visando agregar renda ao café, o CTA/ZM recentemente elaborou em conjunto com os sindicatos locais o Plano Estratégico do Café, que hoje se encontra em execução. Um dos objetivos iniciais deste plano foi a transformação do café agroecológico em café orgânico agroecológico. O café agroecológico tem como principal característica a utilização de alternativas para a minimização do uso de insumos externos (incluindo adubos químicos e agrotóxicos), com base no conhecimento do agricultor e na sua conjuntura local. O café orgânico agroecológico utiliza-se dos mesmos princípios do café agroecológico, porém, atende, em princípio, às premissas da certificação orgânica em âmbito nacional e ou internacional. Entretanto, a maioria dos agricultores e instituições parceiras busca um café de qualidade, ambientalmente sustentável e que possa ser comercializado de maneira mais justa, sem necessariamente atender os quesitos da certificação orgânica atual, que necessita geralmente de grande quantidade de insumos orgânicos industrializados ou não, e de selos em muitos casos não acessíveis economicamente à maioria dos pequenos agricultores.

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é uma das principais dificuldades no cultivo orgânico de café pelos agricultores familiares da região. Em geral, necessita-se de grandes aportes de adubos orgânicos (esterco ou composto) para suprir as exigências nutricionais da lavoura, localizadas em ambientes de baixa fertilidade

natural. Estes adubos orgânicos nem sempre estão disponíveis nas propriedades na quantidade necessária. Dentro do princípio agroecológico de autonomia, em que os insumos utilizados devem ser provenientes da propriedade ou o mais próximo possível dela (ALTIERI, 2002), o uso de adubos verdes tem sido apontado como uma prática para aumentar a ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas.

Pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção, bem como a manutenção e melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CALEGARI *et al.*, 1992). Dentre os adubos verdes, podem-se destacar as leguminosas plantadas (neste trabalho são referidas apenas como leguminosas) e as espécies vegetais que emergem em uma determinada área sem que tenha havido introdução voluntária destas pelo ser humano, denominadas como plantas espontâneas (FAVERO, 1998).

As leguminosas têm exercido um papel importante como adubação verde nas formas de cultivo mais sustentáveis. A principal razão é a fixação do nitrogênio atmosférico por meio de bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em simbiose ou associação com suas raízes. Além disso, produzem grande quantidade de massa, servindo como planta de cobertura de solo e podem ter sistema radicular bem mais ramificado e profundo, capaz de extrair nutrientes que se encontram em camadas mais profundas do solo, os quais serão disponibilizados após a sua decomposição e incorporação ao solo

Os efeitos promovidos pelas leguminosas na ciclagem de nutrientes são bastante variáveis, dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e o corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais, e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA, 2000).

Dentre as espécies utilizadas pelos agricultores envolvidos com o trabalho do CTA/ZM encontram-se *Calopogonium mucunoides* Desv. (calopogônio), *Crotalaria spectabilis* Roth. (crotalária), *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. (guandu), *Lablab purpureus* (L.) Sweet (lab-lab) e *Mucuna pruriens* var. *utilis* (Wight) Burck (mucuna-preta).

Observando o papel da planta espontânea no agroecossistema, ela promove, em proporções diferenciadas, os efeitos similares das leguminosas introduzidas, quais sejam cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes. Entretanto, estas espécies em áreas de cultivo agrícola têm sido, em sua grande maioria, tratadas como “plantas daninhas” ou “ervas invasoras”, sempre sob o ponto de vista dos prejuízos que

podem trazer à espécie principal, por competir com esta por nutrientes, água, luz e ar (FAVERO, 1998).

A falta de limpeza, ou não retirada dessas plantas da área de cultivo, é, muitas vezes, associada a uma agricultura sem recursos ou como resultado de manejo inadequado por parte do agricultor. Porém, elas podem ter um papel sociobiológico e uma relação estreita com as plantas cultivadas. A eliminação das espécies espontâneas de um agroecossistema não é recomendada quando se considera um sistema agrícola sustentável (FRIEBEN, 1998). A diversidade de espécies espontâneas é um importante fator para a estabilidade e preservação de funções no ecossistema, incluindo a ciclagem de nutrientes, preservação do solo, preservação da fauna e dos microrganismos (HILLOCKS, 1998; SIEMANN, 1998; KORICHEVA *et al.*, 2000; GARRETT *et al.*, 2001). Estas espécies devem ser manejadas visando uma proteção integrada dos sistemas de cultivo apropriada para o agricultor, aumentando assim a produtividade, sem a degradação do ambiente e diminuição da biodiversidade, levando a manutenção da biomassa a um nível satisfatório e necessário (HILLOCKS, 1998; MIYAZAWA, 2004).

As espécies espontâneas, ao funcionarem como adubo verde, diminuem a necessidade de introdução de outras espécies, como no caso das leguminosas. O plantio de leguminosas pode representar, em relação às espécies espontâneas, aumento da mão-de-obra, em especial em terrenos declivosos, como os encontrados na região da Zona da Mata. Porém, o manejo de determinadas espécies espontâneas pode ser mais difícil do que algumas espécies de leguminosas (FAVERO, 2001). Sendo assim, uma associação das duas práticas (manejo das espécies espontâneas e de leguminosas) pode ser importante para uma maior sustentabilidade da propriedade.

O benefício dos adubos verde, sejam eles leguminosas ou vegetação espontânea, no que se refere à ciclagem de nutrientes, depende da decomposição e liberação de nutrientes e do sincronismo com a demanda de nutrientes pela planta cultivada (COBO, 2002). As taxas de decomposição e liberação de nutrientes são influenciadas principalmente pela qualidade do material vegetal, isto é, pela sua origem e sua composição. Não há, contudo, um índice único que possa caracterizar a qualidade do resíduo vegetal. Vários trabalhos concluem diferentemente quanto à conveniência de certas características em predizer taxas de decomposição dos resíduos e seus efeitos na disponibilidade de N no solo (PALM; SANCHEZ, 1991; MENDONÇA; STOTT, 2003; HADAS *et al.*, 2004).

No processo de decomposição do material vegetal, para ocorrer assimilação de C pelos microrganismos, o N tem que ser assimilado. Este fato depende da relação C:N do resíduo orgânico e da biomassa microbiana. Se a quantidade de N presente no resíduo orgânico em decomposição for maior que a requerida pela biomassa microbiana, a mineralização de N será realizada, com a liberação de N inorgânico. Se, por outro lado, a quantidade de N presente no resíduo for menor que a requerida pela biomassa microbiana, o N inorgânico será imobilizado a N orgânico pelos microrganismos para sua biossíntese (CORBEELS *et al.*, 1999; CABRERA *et al.*, 2005).

A disponibilidade de nutrientes no solo, como o nitrogênio, depende então do balanço líquido entre os processos de mineralização e imobilização, que pode variar com o tempo e, principalmente, com a natureza do resíduo orgânico em decomposição, além de depender da atividade microbiana do solo (MONTEIRO *et al.*, 2002). Esta última é controlada principalmente pelo teor de C orgânico solúvel no solo. Se os resíduos vegetais possuem baixos teores de carbono orgânico solúvel, haverá uma menor restituição de nutrientes para o ambiente e, conseqüentemente, menor atividade microbiana (MARSTORP, 1996). Em muitos casos, as espécies vegetais que são cultivadas em solos de baixa fertilidade produzem resíduos vegetais, que são mais difíceis de serem decompostos que resíduos vegetais com origem em solos mais férteis, isto porque eles geralmente têm alta relação C:N, e altas concentrações de compostos resistentes à decomposição (FIELD *et al.*, 1992), como, por exemplo, de polifenóis e lignina. A presença destes compostos nos resíduos vegetais possui efeito direto na taxa de mineralização de N (VIGIL; KISSEL, 1991; CONSTANTINIDES; FOWNES, 1994).

A liberação de N no solo pelos resíduos vegetais tem sido estudada sob diferentes abordagens (VIGIL; KISSEL, 1991), entre elas: a) critério qualidade, a partir da determinação dos teores de N total lignina, celulose, hemicelulose, polifenóis, C e N mineralizado depois da incorporação dos resíduos, e pelas taxas construídas a partir destes compostos; contudo, esse critério é muito influenciado pelas condições experimentais (tempo de incubação, temperatura, etc.); e b) indução da decomposição dos resíduos no solo. A taxa de decomposição pode ser deduzida pela relação C:N e, ou, pela porcentagem de lignina e celulose nos tecidos vegetais. Os resíduos vegetais com altos teores de lignina e polifenóis ativos apresentam decomposição e liberação de nutrientes muito lenta, e pouca quantidade do nitrogênio, que se torna então pouco disponível para as plantas, mas os resíduos permanecem no solo e contribuem para a

manutenção da matéria orgânica. Ao contrário, materiais vegetais com baixos teores de lignina e polifenóis, em geral, decompõem-se mais rápido e promovem a liberação de uma maior quantidade de nitrogênio, aspecto este importante principalmente nos estádios iniciais de crescimento da cultura, apesar de pouco contribuírem para a manutenção da matéria orgânica no solo (MONTEIRO *et al.*, 2002).

O papel dos polifenóis nos processos de decomposição e mineralização de N pode ser explicado pela inibição de algumas reações enzimáticas presentes na decomposição do material vegetal, em virtude da complexação dos polifenóis com proteínas. Sendo assim, as proteínas se tornam inacessíveis ao ataque das enzimas no processo de decomposição (HÄTTENSCHWILER; VITOUSEK, 2000). Algumas substâncias solúveis semelhantes ao tanino causam precipitação de proteína, inibindo a liberação de N dos complexos formados (HASLAM, 1989). A capacidade de complexação de polifenóis a determinadas proteínas foi o fator mais importante na determinação dos padrões de liberação de N em estudo feito por Handayanto *et al.* (1995).

Em resíduos vegetais com pouca quantidade de polifenóis, a relação lignina:N apresenta-se como importante fator na predição da taxa de mineralização de N (MILLAR; BAGGS, 2004). Em um estudo feito por Becker *et al.* (1994), foi observada uma maior mineralização líquida inicial de N para os resíduos com menor relação lignina:N (igual a 2), e imobilização líquida de N para os resíduos contendo alta relação lignina:N (igual a 12).

Para Vityakon e Dangthaisong (2005), a quantidade de N contido no material vegetal é o principal fator de promoção da mineralização de N, e a presença de polifenóis é o principal limitante da mineralização de N. Para a utilização de resíduos vegetais como fonte de N nos agroecossistemas devem ser considerados tanto a qualidade do resíduo como a aeração do solo, influenciando diretamente nos padrões de transformação do N do resíduo vegetal, além de outros fatores como pH, textura e temperatura do solo, pois estes fatores influenciam na atividade microbiana, que regulam a velocidade de decomposição da matéria orgânica e, conseqüentemente, a liberação do N.

Como índice da atividade microbiana e, portanto, como previsão da velocidade com que os resíduos vegetais irão ser decompostos pelos microrganismos, tem sido utilizada a quantidade de CO₂ liberada pela respiração. A taxa de CO₂ é reduzida com o tempo, em virtude da atuação seletiva dos microrganismos na decomposição das

substâncias mais lábeis e de maior estabilidade. Os microrganismos do solo degradam os resíduos vegetais para obtenção de energia para seu metabolismo, tendo como produtos finais das reações aeróbicas CO₂ e água. Assim, a evolução de CO₂ pode ser usada como medida da atividade microbiana e da quantidade de material decomposto (SANTRUCKOVA, 1991), embora uma parte do substrato decomposto é utilizada pelos microrganismos para biossíntese, formando novas células ou material extracelular, e como suprimento de energia (PAUL; CLARK, 1988).

Portanto, para melhor aproveitamento do potencial de leguminosas ou espontâneas na ciclagem de nutrientes são necessárias informações a respeito da composição e da velocidade de decomposição destes materiais.

No que se refere ao teor de nutrientes, vários estudos mostram que as plantas espontâneas podem promover efeitos semelhantes de ciclagem de nutrientes, quando comparadas às espécies introduzidas como adubação verde. Ao comparar espontâneas com leguminosas, Favero (2000) observou que *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro) apresentou conteúdo de P sete vezes maior do que *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-Ceará) e três vezes superior em relação ao *Dolichos lablab* (lab-lab). Já o *Leonotis nepetaefolia* (cordão-de-frade) apresentou conteúdo de P cinco vezes maior do que o feijão-bravo-do-Ceará e duas vezes maior do que o *Canavalia ensiformis* (feijão-de-porco). *Commelina benghalensis* (trapoeraba) apresentou conteúdo de K três vezes maior que o teor apresentado pelo feijão-bravo-do-Ceará e pelo lab-lab e quase o dobro do teor de Mg apresentado pelo feijão-bravo-do-Ceará. Finalmente, *Amaranthus sp* (caruru) e *Spermacoce latifolia* (erva-quente) apresentaram conteúdo de K três vezes maior o teor apresentado pelo feijão-de-porco.

Os benefícios dessas plantas como cobertura do solo e ciclagem de nutrientes podem ser otimizados se estiverem associados a um padrão conhecido de velocidade de decomposição e liberação de nutrientes, em sincronia com a necessidade da cultura principal (MYERS *et al.*, 1994). Uma opção de manejo inclui a seleção de materiais vegetais com diferentes composições químicas (qualidade), com o conhecimento do tempo, da quantidade e da melhor forma de aplicação no solo (CHAPMAN *et al.*, 1988; MAFONGOYA *et al.*, 1998).

Os estudos relacionados com a taxa de decomposição e liberação de nutrientes em plantas de cobertura do solo têm sido realizados em várias partes do mundo, mas são ainda pouco conclusivos e, no que diz respeito principalmente às plantas espontâneas, são muito escassos. Matos (2005) observou o comportamento de quatro leguminosas em

sistema orgânico de produção de café, em dois locais com características edafoclimáticas diferentes, e verificou que as maiores taxas de decomposição ocorreram nos primeiros 120 dias, pela maior precipitação na época em questão e pela presença de compostos mais facilmente decomponíveis no material vegetal estudado. Além disso, no local de maior altitude, a velocidade de decomposição foi cerca de 50% menor que no local de menor altitude, e a liberação de nutrientes, com exceção do K, aumentou com a redução da altitude. Dados como este relacionando variações de temperatura e altitudes à taxa de decomposição e liberação de nutrientes em abrangência local são dificilmente encontrados. Estes dados são de extrema importância, visto que são variáveis determinantes para o processo de ciclagem de nutrientes no solo, principalmente em um local de extensa diversidade de agroecossistemas, como é o caso do Brasil. O entendimento desses processos é importante para melhor manejo dessas espécies, a fim de potencializar seu uso dentro do agroecossistema.

As hipóteses deste trabalho foram: a) as características de decomposição diferem entre as espécies de leguminosas e plantas espontâneas manejadas em duas propriedades localizadas em condições climáticas e pedológicas distintas, na Zona da Mata de Minas Gerais; e b) a partir das sugestões da comissão “Terra Forte” os agricultores acumularam conhecimentos e inovações importantes no manejo das leguminosas e espontâneas. Portanto, os objetivos desta pesquisa foram a sistematização desses conhecimentos, propiciando melhor compreensão destas práticas e o estudo das características de decomposição das espécies de leguminosas *Cajanus cajan* (guandu), *Crotalaria spectabilis* (crotalária) e *Lablab purpureus* (L.) Sweet (lab-lab), utilizadas em experimento conduzido em duas propriedades de agricultores familiares localizadas em municípios com características ambientais distintas (Araçuaia e Pedra Dourada) e de um conjunto de plantas espontâneas localizadas próximas às áreas dos experimentos. Os dois municípios estão localizados em altitudes diferentes.

Os estudos conduzidos neste trabalho são apresentados em três capítulos. São apresentadas no primeiro capítulo a percepção e importância das plantas espontâneas na agricultura familiar; no segundo capítulo a produção de biomassa, velocidade de decomposição e qualidade das leguminosas *Cajanus cajan*, *Crotalaria spectabilis* e *Lablab purpureus* e de uma composição de plantas espontâneas; e no terceiro capítulo a mineralização de C e N do material vegetal estudado no Capítulo 2.

CAPÍTULO 1

PERCEPÇÃO E IMPORTÂNCIA DAS PLANTAS ESPONTÂNEAS NA AGRICULTURA FAMILIAR NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Resumo: A agricultura familiar é predominante na Zona da Mata de Minas Gerais, e a utilização das terras se dá principalmente com a utilização da pastagem e do café, quase sempre consorciados com culturas de subsistência. Dentro de uma proposta agroecológica de geração de renda e a qualidade de vida, torna-se imprescindível o uso de práticas que valorizem o conhecimento local e a preservação da diversidade de espécies nas propriedades, dentre elas a vegetação espontânea. Este trabalho teve como objetivo identificar o uso e manejo das espécies espontâneas pelos agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais, em sistemas de produção agroecológica, com enfoque nas áreas de cultivo de café. Para isto, agricultores foram entrevistados e suas propriedades foram visitadas. Informações foram também coletadas durante encontros com os agricultores. Dezesesseis espécies de plantas espontâneas apareceram como as mais comuns na lavoura de café. Quinze são utilizadas como cobertura do solo, duas como medicinal, três como alimento humano e uma como melífera. Uma única espécie pode ter mais de uma utilização pelo agricultor. Em relação às condições de fertilidade do solo, três são encontradas em solos com alta fertilidade, nove em fertilidade média, e quatro em fertilidade baixa. No que diz respeito à importância na nutrição do café, cinco têm muita importância, quatro têm importância média, e sete têm pouca importância. Das seis espécies que os agricultores deixam crescer nas áreas de cultivo, cinco delas têm importância para a nutrição do café, levando a crer que estas plantas cumprem um papel importante na ciclagem de nutrientes. O agricultor utiliza e maneja as espécies espontâneas com o fim de proteção do solo, ciclagem de nutrientes, alimento ou medicinal. Além disso, essas plantas podem ser boas indicadoras de qualidade do solo. É necessário valorizar e reconhecer o uso das plantas espontâneas e estudá-las, como alternativas para uma agricultura mais sustentável.

1 Introdução

A região da Zona da Mata de Minas Gerais, assim como o restante do Brasil, tem sofrido com a degradação sócio-ambiental, agravada mais recentemente pelo uso dos pacotes tecnológicos da “Revolução Verde” na agricultura (CARDOSO *et al.*, 2001). Nesta região, a agricultura familiar é predominante, sendo suas terras utilizadas principalmente com pastagem e café, quase sempre consorciado com culturas de subsistência como milho, feijão e mandioca (GOMES, 1986).

Hoje, a maioria dos agroecossistemas da região apresenta baixa produtividade, com práticas agrícolas não adaptadas às suas características ambientais (FERRARI, 1996). É comum a perda de biodiversidade, poluição por agrotóxicos, perda da qualidade da água, erosão do solo, desmatamento e enfraquecimento da economia familiar.

Visto que há uma heterogeneidade dos ecossistemas naturais e uma diversidade de agroecossistemas utilizados pelos agricultores familiares, não se pode pensar em uma intervenção tecnológica única e generalista para a promoção do desenvolvimento das comunidades rurais. As soluções precisam ser pensadas de acordo com as necessidades e aspirações de cada comunidade, assim como as condições biofísicas e socioeconômicas (ALTIERI; NICHOLLS, 2000). O resgate de práticas tradicionais de convivência mais harmônica com o meio ambiente e que dê melhores condições de vida aos agricultores é imprescindível, juntamente com as descobertas e redescobertas de novas práticas agrícolas.

Uma característica importante dos sistemas agrícolas mais tradicionais é a grande diversidade de espécies vegetais existentes a partir do uso de policultivos e de sistemas agroflorestais (CLAWSON, 1985). Esta é uma estratégia que, se utilizada, pode minimizar o risco, estabilizar os rendimentos em longo prazo, promover diversidade na alimentação e otimizar os retornos a partir de tecnologias mais simples e recursos limitados. A diversidade genética resulta na existência de inimigos naturais pela manutenção de nichos específicos para a fauna, assim como o controle de doenças, além de permitir a utilização de uma maior quantidade de microclimas (VANDERMEER, 1989).

Nos sistemas de cultivos tradicionais, o conhecimento dos agricultores sobre solo, clima, vegetação e animais, em geral, resulta em estratégias produtivas multidimensionais, que resulta em agroecossistemas com diversas espécies e funções.

Estas estratégias podem gerar, dentro de certos limites ecológicos e técnicos, a autossuficiência alimentar dos agricultores de uma região (TOLEDO *et al.*, 1985) e permitir maior controle do uso dos recursos naturais, por meio de práticas culturalmente reconhecidas como benéficas ao sistema.

Uma destas práticas consiste no manejo da vegetação espontânea, ervas ou simplesmente mato, como os agricultores da Zona da Mata denominam, do agroecossistema. Muitas vezes permite a presença de ervas, para incrementar o fluxo genético entre os cultivos, pois muitas plantas ao redor ou dentro dos agroecossistemas são parentes (GLIESSMAN *et al.*, 1981). Além disso, a presença dessas ervas pode aumentar consideravelmente a quantidade de material orgânico e cobertura do solo, aumentando a ciclagem de nutrientes e minimizando os impactos da erosão, muito comum em áreas declivosas como as da Zona da Mata de Minas Gerais.

No manejo dos sistemas tradicionais de cultivo são importantes o conhecimento local sobre o ambiente; o conhecimento das práticas agrícolas; e a natureza experimental do conhecimento (ALTIERI, 1987). O conhecimento do agricultor a respeito do seu ambiente é frequentemente muito detalhado. Há inúmeros calendários tradicionais para o planejamento das atividades agrícolas. Muitos cultivam segundo as fases da lua. Outros identificam as mudanças climáticas utilizando indicadores com base na fenologia da vegetação local. Os tipos de solo, a fertilidade e as categorias de uso da terra também são discriminadas em detalhe pelos agricultores. Os tipos de solo se distinguem frequentemente pela cor, pela textura e até pelo sabor. A maioria deles classifica o solo com base na cobertura vegetal presente. Em geral, os tipos de classificação de solo dependem da natureza da relação que o agricultor tem com a terra (WILLIAMS; ORTIZ-SOLÁRIO, 1981). Quanto ao conhecimento das práticas agrícolas, os agricultores familiares em todo mundo desenvolvem sistemas de manejo que superam inúmeras dificuldades. Com o avanço da pesquisa, as práticas agrícolas tradicionais anteriormente consideradas primitivas ou erradas, são reconhecidas agora como elaboradas e apropriadas, onde é possível um melhor enfrentamento dos problemas específicos de declividade, seca, presença excessiva de insetos e doenças, baixa fertilidade, entre outros (KLEE, 1980). Em geral, os agricultores têm satisfeito os quesitos ambientais de seus sistemas produtivos, potencializando ao máximo as relações existentes entre os componentes dos sistemas, resultando em sistemas agrícolas com características estruturais e funcionais interconectadas (GLIESSMAN *et al.*, 1981). Para isto, combinam um grande número de espécies e diversidade estrutural no tempo e no

espaço, mediante a organização tanto horizontal como vertical dos cultivos; exploram vários microambientes, que diferem em solo, temperatura, altitude, declividade, fertilidade, etc., em uma área ou região; mantêm a ciclagem de nutrientes; contam com uma complexidade de interdependências ecológicas, resultando em certo grau de supressão biológica dos insetos; utilizam recursos locais, força humana e animal, usando poucos insumos externos; utilizam variedades locais para cultivo e incorporam o uso de plantas e animais silvestres; a produção é especialmente para o consumo local, mas fatores econômicos e não econômicos exercem grande influência na tomada de decisão (ALTIERI, 2002).

No que se refere à natureza experimental do conhecimento, o conhecimento não é construído apenas pelo grande poder de observação da população rural, mas, também, pela experimentação. A experimentação é muito frequente não só na seleção de variedades de espécies para cada ambiente, como, também, em métodos novos de cultivo para superar as limitações biológicas ou socioeconômicas. As técnicas mais interessantes têm sido observadas em comunidades cujo ambiente tem grande diversidade física e biológica e, ou, em comunidades que vivem próximas aos limites de sobrevivência (ALTIERI; NICHOLLS, 2000).

Os agricultores familiares da Zona da Mata, com base em seus conhecimentos, têm desenvolvido e experimentado práticas agrícolas visando maior autonomia e melhor convivência com o ambiente. Neste cenário, em 1993, o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA/ZM) e o Sindicato dos Trabalhadores Rurais de Araponga, em parceria com o Departamento de Solos (DPS) da Universidade Federal de Viçosa (UFV), realizaram um Diagnóstico Rural Participativo (DRP) piloto, em Araponga, durante o qual os agricultores apontaram o enfraquecimento do solo como um dos principais problemas do município. Com uma forte integração entre os agentes envolvidos, formaram-se algumas comissões, compostas por membros das comunidades sensibilizadas, CTA/ZM e UFV, dentre elas a comissão denominada “Terra Forte”. A comissão “Terra Forte” objetivava encaminhar as questões referentes ao manejo e à recuperação dos solos. Várias propostas preconizadas pela agroecologia foram discutidas para superar este problema. As propostas aprovadas para difusão e, ou, experimentação em pequena escala foram resgatadas entre os próprios agricultores ou sugeridas pelos técnicos, sendo: a) plantio de cordão de contorno com cana-de-açúcar; b) uso de adubação verde; c) reposição de cálcio e magnésio por meio de calagem; d) sistemas agroflorestais (SAFs); e) manejo de plantas espontâneas (CARDOSO *et al.*,

2001; CTA/ZM, 2002; SOUZA *et al.*, 2004). Estas propostas foram, em maior ou menor escala, implantadas em outros municípios de atuação do CTA/ZM, para além de Araponga, como, por exemplo, no município de Pedra Dourada.

Visando agregar renda ao café, recentemente o CTA elaborou em conjunto com os sindicatos locais o Plano Estratégico do Café, que hoje está em execução. Este plano objetiva, entre outras coisas, a melhoria da qualidade do café, buscando melhor preço no mercado e, se possível, a transformação de café agroecológico em café orgânico agroecológico certificado.

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é uma das principais dificuldades no cultivo do café pelos agricultores familiares da região, em especial do café orgânico. Para o café orgânico, em geral, é necessário grande aporte de adubos orgânicos à base de esterco (sozinho ou na forma de composto), para suprir as exigências nutricionais das lavouras, localizadas em ambientes de baixa fertilidade natural. Estes adubos orgânicos nem sempre estão disponíveis nas propriedades na quantidade necessária. Considerando os princípios agroecológicos de autonomia e produtividade, onde os insumos necessários devem ser provenientes da propriedade ou o mais próximo a ela (ALTIERI, 2002), o uso de adubos verdes tem sido apontado como uma prática para incrementar a ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas. Pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção, bem como à manutenção e à melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CALEGARI *et al.*, 1992).

Dentro dos adubos verdes, podem ser destacadas as leguminosas plantadas e as espécies vegetais que emergem em uma determinada área sem que tenha havido introdução voluntária destas pelo ser humano, denominadas como plantas espontâneas (FAVERO, 1998).

Considerando a planta espontânea como um elemento também importante em um agroecossistema, observa-se que ela promove, em proporções diferenciadas, os efeitos similares das leguminosas introduzidas, quais sejam cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes. Entretanto, estas espécies em áreas de cultivo agrícola têm sido, em sua grande maioria, tratadas como “plantas daninhas”, “ervas invasoras”, etc., sempre sob o ponto de vista dos prejuízos que podem trazer à espécie principal, por competir com esta por nutrientes, água e luz (FAVERO, 1998).

A falta de limpeza, ou a não retirada dessas plantas da área de cultivo, é muitas vezes associada a uma agricultura sem recursos ou como resultado de manejo inadequado por parte do agricultor. Mas, em alguns lugares, elas têm um papel sociobiológico e uma relação estreita com as plantas cultivadas (FRIEBEN, 1998).

A eliminação das espécies espontâneas de um agroecossistema não é recomendada quando se considera um sistema agrícola sustentável (FRIEBEN, 1998). A diversidade de espécies é um importante fator para a estabilidade e preservação de funções no ecossistema, incluindo a ciclagem de nutrientes, a conservação do solo, da fauna e dos microrganismos (HILLOCKS, 1998; SIEMANN, 1998; KORICHEVA *et al.*, 2000; GARRETT *et al.*, 2001). Estas espécies devem ser manejadas visando a proteção integrada dos sistemas de cultivo, apropriada para o pequeno produtor, com o objetivo de aumentar a produtividade, sem a degradação do ambiente e diminuição da biodiversidade, levando a manutenção da biomassa a um nível satisfatório e necessário (HILLOCKS, 1998; MIYAZAWA *et al.*, 2004).

As espécies espontâneas podem então funcionar como adubo verde, diminuindo a necessidade de introdução de outras espécies, como no caso das leguminosas. O plantio de leguminosas pode representar, em relação às espécies espontâneas, aumento da mão-de-obra, em especial em terrenos declivosos, como os encontrados na região da Zona da Mata. Porém, o manejo de determinadas espécies espontâneas pode ser mais difícil do que algumas espécies leguminosas. Sendo assim, uma associação das duas práticas (manejo das espécies espontâneas e de leguminosas) pode ser importante para uma maior sustentabilidade da propriedade.

Para um melhor aproveitamento do potencial destas espécies, no que se refere à ciclagem de nutrientes, informações a respeito da composição destes materiais, são necessárias. Dentre estas informações, além do teor de nutrientes presentes nos órgãos das plantas, são importantes as seguintes características: velocidade de decomposição, quantidade de polifenóis, mineralização de carbono e nitrogênio das espécies.

LAMBERT e ARNASON (1989) mostram que as plantas espontâneas acumulam quantidade de potássio similar a crotalária, ao milheto, e ao consórcio crotalária + milheto. Ao comparar espontâneas com leguminosas, Favero (2000) observou que *Euphorbia heterophylla* L. (leiteiro) apresentou conteúdo de P sete vezes maior do que *Canavalia brasiliensis* (feijão-bravo-do-Ceará) e três vezes superior em relação ao *Dolichos lablab* (lab-lab). Já o *Leonotis nepetaefolia* (cordão-de-frade) apresentou conteúdo de P cinco vezes maior do que o feijão-bravo-do-Ceará e duas vezes maior do que o *Canavalia*

ensiformis (feijão-de-porco). *Commelina benghalensis* (trapoeraba) apresentou conteúdo de K três vezes maior que o teor apresentado pelo feijão-bravo-do-Ceará e pelo lab-lab e quase o dobro do teor de Mg apresentado pelo feijão-bravo-do-Ceará. Finalmente, *Amaranthus sp* (caruru) e *Spermacoce latifolia* (erva-quente) apresentaram conteúdo de K três vezes maior o teor apresentado pelo feijão-de-porco. Assim, as plantas espontâneas podem promover efeitos semelhantes de ciclagem de nutrientes, quando comparadas a outras espécies introduzidas como adubação verde.

Os benefícios dessas plantas como cobertura do solo e ciclagem de nutrientes podem ser otimizados se estiverem associados a um padrão conhecido de velocidade de decomposição e liberação de nutrientes, em sincronia com a necessidade da cultura principal (MYERS *et al.*, 1994). Uma opção de manejo inclui a seleção de materiais vegetais com diferentes composições químicas (qualidade), com o conhecimento do tempo, da quantidade e da melhor forma de aplicação no solo (CHAPMAN *et al.*, 1988; MAFONGOYA *et al.*, 1998).

Como uma primeira fase do estudo do potencial das espécies espontâneas na ciclagem de nutrientes, este trabalho teve como objetivo identificar o uso e o manejo destas espécies por alguns agricultores familiares da Zona da Mata de Minas Gerais, em sistemas de produção agroecológica, com enfoque nas áreas de cultivo de café.

2 Material e métodos

Para este estudo, foram selecionadas oito propriedades familiares, localizadas em Araponga (proprietários: Ilson, Pedro, João dos Santos, Jésus, S. Neném, Maurílio, Vicente), município este que concentra a maior parte dos trabalhos do CTA, e em Pedra Dourada (proprietário: Dadin). O solo da região classifica-se, em geral, como Latossolo Vermelho-Amarelo. São características comuns aos agroecossistemas em questão o cultivo de café sob sistema agroflorestal (SAF); o incremento da ciclagem de nutrientes a partir da poda, do manejo das plantas espontâneas e do plantio de leguminosas nos SAFs; baixo uso de insumos externos à propriedade; mão-de-obra familiar na maior parte do ano; diversidade de espécies vegetais; e agricultura como atividade principal.

Durante estas visitas foram realizadas entrevistas semiestruturadas (OLIVEIRA; OLIVEIRA, 1982) com o agricultor e, ou, com sua família. As entrevistas abordavam os seguintes tópicos: 1) espécies espontâneas encontradas na área e manejo destas espécies; 2) percepção do agricultor sobre as condições de fertilidade do solo onde as

espécies aparecem; 3) utilização das espontâneas; 4) avaliação das mesmas em relação à nutrição do café. Além das visitas, foram colhidas informações em três encontros de sistematização de experiências em sistemas agroflorestais, realizados pelo CTA (CTA/ZM, 2005).

3 Resultados e discussão

Na Tabela 1 encontram-se as informações sobre a vegetação espontânea presente em sistemas de produção agroecológica das propriedades avaliadas. Das espécies mais frequentemente encontradas nas lavouras de café, quinze são utilizadas como cobertura do solo, duas como medicinais, três como alimento humano e uma como melífera. Uma única espécie pode ter mais de uma utilização pelo agricultor, como, por exemplo, *Solidago chilensis* (arnica-do-mato), que é utilizada tanto como cobertura do solo como medicinal, e *Emilia sonchifolia* (serralha), utilizada como cobertura do solo e como alimento humano.

Em relação às condições de fertilidade do solo, cinco espécies são encontradas em solos com fertilidade alta, dez em fertilidade média (média ruim ou média boa) e uma em fertilidade baixa. No que diz respeito à importância na fertilização do café, ou seja, se tem influência para adubação do cafeeiro, cinco têm muita importância, quatro têm importância média e sete têm pouca importância.

Observa-se (Tabela 1) que das seis espécies que os agricultores deixam crescer, cinco delas também têm muita importância para a nutrição do café, ilustrando, assim, o papel destas plantas no acúmulo de nutrientes e a liberação dos mesmos para o cafeeiro quando do corte das plantas, que acontece em geral no início do florescimento, potencializando então a ciclagem de nutrientes no agroecossistema.

Contrapondo-se à ideia de que as áreas de cultivo agrícola precisam estar permanentemente “limpas”, o uso da planta espontânea por agricultores familiares é uma opção de manejo do agroecossistema como plantas de cobertura do solo. Além de diminuir a erosão e potencializarem a ciclagem de nutrientes, diminuindo a dependência de insumos externos, como os adubos químicos, os herbicidas e outros, estas plantas são importantes para a conservação da biodiversidade. Um aspecto de igual importância é a utilização destas plantas como medicinais ou alimento, direta ou

Tabela 1 – Informações sobre a vegetação espontânea presente em sistemas de produção agroecológica de café na Zona da Mata de Minas Gerais

Espécies		Importância na Nutrição do Café	Fertilidade do Solo	Utilização	Tipo de Manejo
Nome Vulgar	Nome Científico				
Amargosinho	<i>Digitaria horizontalis</i>	Pouca	Média/ruim	Cobertura do solo	Roça
Amargoso	<i>Digitaria insularis</i>	Pouca	Média/boa	Cobertura do solo	Roça
Arnica do mato	<i>Solidago chilensis</i>	Muita	Média/ruim	Cobertura do solo Medicinal	Deixa crescer
Batatinha do brejo	<i>Cyperus esculentus</i> L.	Pouca	Ruim	Cobertura do solo	Capina
Beldroega	<i>Portulaca oleracea</i>	Muita	Boa	Cobertura do solo Alimento humano	Deixa crescer
Benzinho	<i>Cenchrus ciliaries</i>	Média	Média/ruim	Cobertura do solo	Roça
Botão de ouro	<i>Galinsoga parviflora</i>	Média	Média/ruim	Cobertura do solo	Roça
Capim marmelada	<i>Brachiaria plantaginea</i>	Pouca	Boa	Cobertura do solo	Capina
Carrapicho	<i>Cenchrus echinatus</i>	Pouca	Média/ruim	Cobertura do solo	Capina
Caruru	<i>Amaranthus deflexus</i>	Muita	Boa	Cobertura do solo Alimento humano	Deixa crescer
Erva canudo	<i>Equisetum giganteum</i>	Pouca	Média/boa	Melífero	Deixa crescer
Mentraço	<i>Ageratum conyzoides</i>	Pouca	Boa	Cobertura do solo Medicinal	Capina
Picão	<i>Bidens pilosa</i>	Muita	Média/boa	Cobertura do solo	Capina Deixa crescer
Trapoeraba	<i>Commelina benghalensis</i>	Muita	Boa	Cobertura do solo	Deixa crescer
Voadeira	<i>Conyza bonariensis</i>	Média	Média	Cobertura do solo	Roça
Serralha	<i>Emilia sonchifolia</i>	Média	Média/boa	Cobertura do solo Alimento humano	Deixa crescer

indiretamente (se utilizadas como melíferas, por exemplo), incentivando e mantendo a segurança alimentar.

Entretanto para potencializar o uso dessas plantas, elas precisam ser adequadamente manejadas, o que pressupõe o corte superficial (roçar), mas às vezes capinar (Tabela 1), procurando diminuir a presença de algumas espécies e favorecer o surgimento de outras. Como regra geral, o agricultor utiliza no manejo das espontâneas o mesmo manejo utilizado para as leguminosas introduzidas, ou seja, não deixa as plantas produzirem sementes, podando ou capinando-as quando as mesmas florescem. Neste manejo, muitas vezes o agricultor introduz leguminosas em áreas onde ele quer favorecer o estabelecimento ou a diminuição de certas espécies. Para manejá-las adequadamente o agricultor necessita de muita observação e conhecimento sobre sucessão de plantas. Nos trabalhos de manejo dos agroecossistemas que o CTA/ZM tem desenvolvido em parceria com o DPS, estes aspectos são enfatizados. Além disto, estudos mais aprofundados sobre estas plantas e sua relação com o ambiente são necessários. Estes estudos devem ser realizados em parceria com o agricultor, valorizando seu saber e incentivando-o a aprofundar nos conhecimentos de manejo sustentável dos agroecossistemas. Para facilitar o manejo das espontâneas, deve-se procurar desenvolver instrumental adequado ou facilitar (via crédito) a compra de ferramentas já existentes, como, por exemplo, roçadeiras motorizadas.

4 Considerações finais

O agricultor familiar utiliza e maneja as espécies espontâneas com a finalidade de proteger o solo e de promover a ciclagem de nutrientes, assim como alimento e uso medicinal. As plantas espontâneas são também utilizadas como indicadoras de qualidade do solo.

É necessário valorizar e reconhecer o saber local e ao mesmo tempo realizar estudos mais aprofundados, a fim de potencializar o uso das plantas espontâneas, procurando encontrar alternativas para uma agricultura mais sustentável.

5 Agradecimentos

A todos os agricultores que prestaram as informações aqui apresentadas, em especial ao Jesus, ao Dadin e às suas famílias, por toda garra, esperança de um Universo melhor e pelo exemplo de vida em prol da agroecologia; à professora Flávia Cristina, do Departamento de Biologia Vegetal (UFV), pelo auxílio na identificação das espécies espontâneas, pela paz e paciência; ao CTA, pelo acolhimento, pelo carinho e pela consideração.

CAPÍTULO 2

PRODUÇÃO DE BIOMASSA, TAXA DE DECOMPOSIÇÃO E QUALIDADE DE LEGUMINOSAS E PLANTAS ESPONTÂNEAS EM DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS

Resumo: A disponibilidade de nutrientes em sistemas agroecológicos é um dos fatores mais limitantes para a produção, principalmente em se tratando de áreas declivosas, cujo solo, em geral, tem menor fertilidade natural, como é o caso da Zona da Mata de Minas Gerais. A manutenção da ciclagem de nutrientes nestes ambientes se faz necessária, tanto do ponto de vista nutricional para a cultura em questão, em especial o café, como para fins de recuperação e conservação ambientais, como redução da erosão e incremento da biodiversidade. Sendo assim, este estudo teve como objetivo investigar a produção de biomassa, a velocidade de decomposição e a composição química e bioquímica das leguminosas *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* e de um conjunto de plantas espontâneas, em dois municípios com diferentes condições edafoclimáticas (Araponga e Pedra Dourada). *L. purpureus* apresentou menor produção de matéria seca (1,82 kg/ha) em Araponga, local com maior altitude, e os outros adubos não diferiram entre si e foram superiores à *L. purpureus*. Já em Pedra Dourada, todos os valores foram semelhantes. Em relação à composição química, os valores mais altos de N, em kg/ha, foram para *C. cajan*, que foi superior à *L. purpureus*, à *C. spectabilis* e às espontâneas. Os valores de P, K, Ca e Mg não diferiram entre todos os adubos verdes. *C. spectabilis* apresentou maior teor de nutrientes e *L. purpureus*, menor. Quanto à facilidade de decomposição, todas as leguminosas apresentaram-se com tendências semelhantes, à exceção de *L. purpureus* em Araponga, que se decompôs mais facilmente. Este material, por sua vez, possui relação PP/N maior, com o favorecimento, então, da decomposição em curto prazo. Pode-se concluir que as plantas espontâneas apresentaram-se com resultados semelhantes às leguminosas para composição química. Em geral, as taxas de decomposição foram maiores em menor altitude e em adubos com relação C/N, LG/PP, PP/N e (LG+PP)/N menores. É importante que haja interação de diferentes adubos verdes, combinando velocidade de decomposição às necessidades da cultura principal e aos objetivos do agricultor.

1 Introdução

A disponibilidade de nutrientes para as plantas é uma das principais dificuldades no cultivo agroecológico de café pelos agricultores familiares. Em geral, necessita-se de grandes aportes de adubos orgânicos (esterco ou composto) para suprir as exigências nutricionais das culturas, localizadas, de forma geral, em ambientes de baixa fertilidade natural. Estes adubos orgânicos nem sempre são disponíveis nas propriedades na quantidade necessária. Dentro do princípio agroecológico de autonomia, onde os insumos utilizados devem ser provenientes da propriedade ou o mais próximo a ela (ALTIERI, 2002), o uso de adubos verdes tem sido apontado como prática agroecológica que potencializa a ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas. Pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção, bem como à manutenção e à melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CALEGARI *et al.*, 1992).

Dentro dos adubos verdes, podem ser destacadas as leguminosas plantadas (neste trabalho referidas apenas como leguminosas) e as espécies vegetais que emergem em uma determinada área sem que tenha havido introdução voluntária destas pelo ser humano, denominadas como plantas espontâneas (FAVERO, 1998).

As leguminosas têm exercido papel importante como adubação verde e cobertura do solo nas formas de cultivo mais sustentáveis. A principal razão é a fixação do nitrogênio atmosférico com a utilização de bactérias do gênero *Rhizobium*, que vivem em simbiose com suas raízes. Além disso, produzem grande quantidade de massa, servindo como planta de cobertura de solo e podem ter sistema radicular bem mais ramificado e profundo, capaz de extrair nutrientes que se encontram em camadas mais profundas do solo, os quais serão disponibilizados após a decomposição e incorporação destas plantas ao solo. Além disso, maior cobertura do solo associada a uma velocidade de decomposição de uma determinada espécie tem grande influência sobre o controle da erosão, por oferecer maior proteção do solo, tanto em relação às perdas de solo quanto em relação à água (DENCHEN *et al.*, 1991). Uma cobertura de 20% do solo com resíduos vegetais pode contribuir para redução das perdas de solo em aproximadamente 50% em relação ao solo descoberto (AMADO *et al.*, 1989).

A grande produção de biomassa é uma característica reconhecida das leguminosas utilizadas como adubo verde. Entretanto, existe grande variação nessa produção, conforme as condições, principalmente edafoclimáticas, nas quais essas leguminosas se desenvolvem. O gênero *Crotalaria*, por exemplo, tem apresentado, dependendo das condições climáticas, produtividades de 1,6 t.ha⁻¹ (DE-POLLI; CHADA, 1989) a 13,7 t.ha⁻¹ de matéria seca (CARSKY *et al.*, 1990).

Os efeitos promovidos pelas leguminosas na ciclagem de nutrientes são bastante variáveis, dependendo de fatores como a espécie utilizada, o manejo dado à biomassa, a época de plantio e o corte do adubo verde, o tempo de permanência dos resíduos no solo, as condições locais, e a interação entre esses fatores (ALCÂNTARA, 2000).

Considerando a planta espontânea como um elemento também importante em um agroecossistema, observa-se que ela promove, em proporções diferenciadas, os efeitos similares das leguminosas introduzidas, quais sejam cobertura do solo, produção de biomassa e ciclagem de nutrientes. Entretanto, estas espécies em áreas de cultivo agrícola têm sido, em sua grande maioria, tratadas como “plantas daninhas”, “ervas invasoras”, etc., sempre avaliando sob o ponto de vista dos prejuízos que podem trazer à espécie principal, por competir com esta por nutrientes, água, luz e ar (FAVERO, 1998). A eliminação das espécies espontâneas de um agroecossistema não é recomendada quando se considera um sistema agrícola sustentável (FRIEBEN, 1998). A diversidade de espécies espontâneas é um importante fator para a estabilidade e preservação de funções no ecossistema, incluindo a ciclagem de nutrientes, a preservação do solo, a preservação da fauna e dos microrganismos (HILLOCKS, 1998; SIEMANN, 1998; KORICHEVA *et al.*, 2000; GARRETT *et al.*, 2001). Estas espécies devem, entretanto, ser manejadas para potencializar seus benefícios e aumentar a produtividade dos agroecossistemas, sem a degradação do ambiente (HILLOCKS, 1998; MIYAZAWA, 2004).

As espécies espontâneas ao funcionarem como adubo verde diminuem a necessidade do plantio de outras espécies, como no caso das leguminosas. O plantio de leguminosas pode representar, em relação às espécies espontâneas, aumento da mão-de-obra, em especial em terrenos declivosos, como os encontrados na região da Zona da Mata mineira. Porém, o manejo de determinadas espécies espontâneas pode ser mais difícil do que algumas espécies de leguminosas. Sendo assim, uma associação das duas

práticas (manejo das espécies espontâneas e de leguminosas) pode ser mais interessante no manejo dos agroecossistemas dos agricultores familiares.

O benefício dos adubos verdes, seja leguminosa ou vegetação espontânea, no que se refere à ciclagem de nutrientes, depende da decomposição e liberação de nutrientes e do sincronismo com a demanda de nutrientes pela planta cultivada (COBO, 2002). A taxa de decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes são influenciadas por fatores, como umidade, temperatura, evapotranspiração, quantidade e principalmente qualidade do material vegetal. A qualidade é caracterizada pela natureza física e composição química dos resíduos, levando-se em consideração os teores de N, C, P, lignina e polifenóis e as relações lignina/N e (lignina + polifenóis)/N, lignina/polifenóis, polifenóis/N (FOX *et al.*, 1990, PALM; SANCHEZ, 1991; THOMAS; ASAKAWA, 1993; HANDAYANTO *et al.*, 1995, MENDONÇA; STOTT, 2003).

Entretanto, não há um único índice que possa caracterizar a qualidade do resíduo vegetal. Uma grande quantidade de materiais testada resultou em diferentes conclusões quanto à conveniência de certas propriedades de predizer taxas de decomposição dos resíduos e seus efeitos na disponibilidade de nutrientes no solo (HADAS *et al.*, 2004). HANDAYANTO *et al.* (1995), estudando o efeito do N sobre a qualidade de alguns resíduos, verificaram que, com a adição de N, não houve aumento na concentração de N, mas a diminuição da concentração de polifenóis e a relação C:N dos resíduos estudados. Além disso, observou-se também que a mineralização de N era controlada pela concentração inicial de N presente nos resíduos e pela sua relação C:N, apenas se os resíduos apresentarem pouca variabilidade nos teores de lignina e polifenóis. Observou ainda que a concentração de N, lignina, polifenóis e relação C/N não foram suficientes para explicar as diferenças na taxa de mineralização de N, e que a relação (lignina + polifenóis)/N seria o fator mais consistente.

Em geral, materiais vegetais com baixos teores de lignina e polifenóis decompõem-se mais rápido e promovem a liberação de uma maior quantidade de nitrogênio, aspecto este importante principalmente nos estádios iniciais de crescimento da cultura, apesar de pouco contribuírem para a manutenção da matéria orgânica no solo (MONTEIRO *et al.*, 2002). Em muitos casos, as espécies vegetais que são cultivadas em solos de baixa fertilidade produzem resíduos vegetais de difícil decomposição, pois possuem em relação aos resíduos vegetais cultivados em solos mais férteis, alta relação

C:N e altas concentrações de compostos resistentes a decomposição (FIELD *et al.*, 1992).

Os resíduos vegetais constituem-se fontes de N orgânico para os microrganismos do solo, e os teores de N, lignina e polifenóis nos resíduos interferem na mineralização e no acúmulo de N no solo. Os resíduos pobres em N, com altos teores de lignina e polifenóis ativos, apresentam decomposição e liberação de nutrientes muito lenta, e pouco do N aplicado via material vegetal torna-se disponível para as plantas, embora permaneça no solo. Já os resíduos ricos em N, com baixos teores de lignina e polifenóis, decompõem-se rapidamente e promovem a liberação de grande quantidade de nitrogênio, durante os estádios iniciais do crescimento da cultura, mas podem não contribuir para a manutenção da matéria orgânica do solo (FRANKENBERGER *et al.*, 1985; IBEWIRO, 2000).

O papel dos polifenóis nos processos de decomposição está relacionado com a inibição de algumas reações enzimáticas presentes na decomposição do material vegetal, devido à complexação dos polifenóis com proteínas. Sendo assim, as proteínas tornam-se inacessíveis ao ataque das enzimas no processo de decomposição (HÄTTENSCHWILER; VITOUSEK, 2000). Algumas substâncias solúveis semelhantes ao tanino causam precipitação de proteína, inibindo a liberação de N dos complexos formados (HASLAM, 1989). A capacidade de complexação de polifenóis a determinadas proteínas pode ser o fator mais importante na determinação dos padrões de liberação de N (HANDAYANTO, 1995).

Este trabalho teve como objetivo o estudo da produção de biomassa, da taxa de decomposição e da qualidade do material vegetal de *Cajanus cajan* (guandu), *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Lablab purpureus* (lab-lab) e de um conjunto de plantas espontâneas sob duas condições edafoclimáticas da Zona da Mata de Minas Gerais em áreas de cultivo de café orgânico.

2 Material e métodos

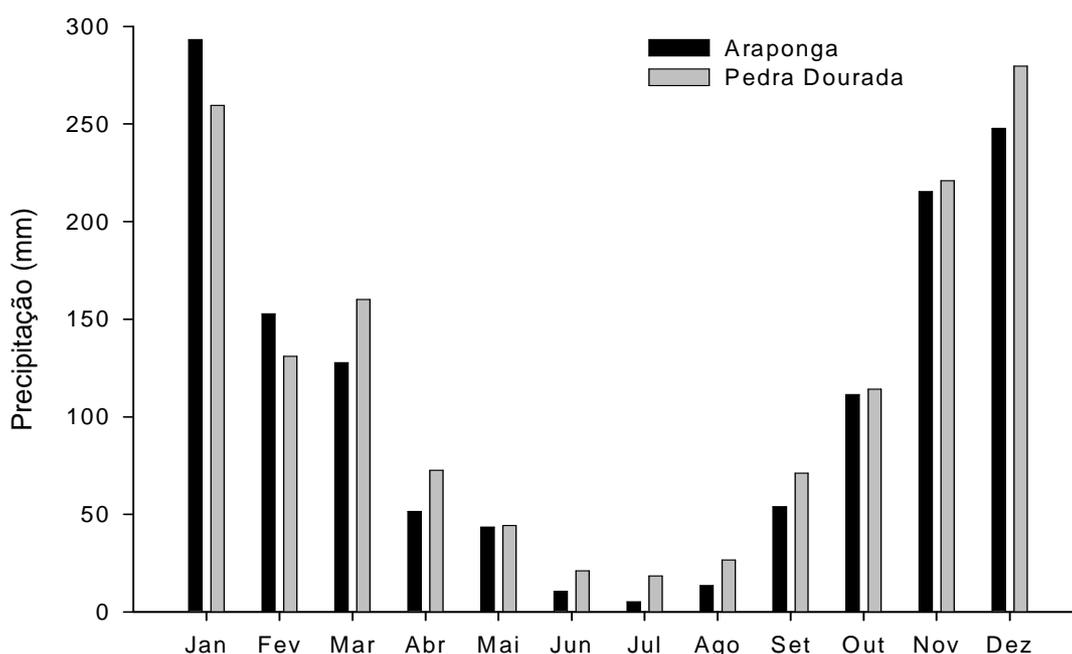
2.1 Localização dos experimentos

Os estudos foram realizados em duas unidades experimentais instaladas em propriedades de agricultores familiares, nos municípios de Araponga e Pedra Dourada,

localizados na região da Zona da Mata de Minas Gerais, no período de dezembro de 2003 a abril de 2004. As unidades experimentais foram instaladas em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) /Centro Tecnológico da Zona da Mata) e (Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM). Em Araponga, a propriedade situa-se a 20° 38' de latitude sul e 42° 31' de longitude oeste, a uma altitude média de 950 m, temperatura média mínima e máxima anual de 13,7 e 25,4 °C, respectivamente, e precipitação de 1.320,2 mm (Figura 1). A área do experimento apresenta exposição solar oeste, recebendo maior insolação à tarde e com tendência a tornar o solo mais duro e ressecado (LIMA *et al.*, 2002). Em Pedra Dourada, a propriedade situa-se a 20° 50' de latitude sul e 42° 08' de longitude oeste, com altitude média de 690 m, temperatura média mínima e máxima anual de 15,2 e 26,6 °C, respectivamente, e precipitação de 1.277,3 mm (Figura 1). A área do experimento apresenta exposição solar sul, recebendo menor quantidade de insolação direta, sendo, portanto, mais fria e sombreada (LIMA *et al.*, 2002). Quando da implantação dos experimentos, as áreas encontravam-se em fase de formação de lavoura orgânica de café (terceiro ano pós-plantio). O plantio de leguminosas ocorreu nas entrelinhas da lavoura do café. As leguminosas plantadas foram *C. spectabilis*, *L. purpureus* e *C. cajan*. Antes do plantio das leguminosas os solos foram corrigidos e fertilizados, de acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Minas Gerais (FONTES, 1999). Em Araponga foram aplicados 0,26 t ha⁻¹ de calcário e 64, 125 e 800 kg ha⁻¹ de gesso, sulfato de potássio e termofosfato, respectivamente. Em Pedra Dourada utilizou-se 1,20 t ha⁻¹ de calcário e 300, 125 e 800 kg ha⁻¹ de gesso, sulfato de potássio e termofosfato, respectivamente.

Para a coleta da vegetação espontânea, utilizou-se um sistema de café agroecológico, ao lado da área do experimento. Foram escolhidas as áreas para a instalação de quatro parcelas. As parcelas não foram escolhidas ao acaso, mas procurou-se representar a heterogeneidade do sistema, assim escolheu-se uma parcela mais sombreada, outra exposta ao sol, uma em solo mais fértil, e outra em solo menos fértil (as duas últimas a partir das observações do agricultor).

O solo de Araponga possui textura argilosa e de Pedra Dourada textura argilo-arenosa. Em ambas as localidades os solos foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo. As características químicas e físicas do solo quando da instalação dos experimentos são apresentadas na Tabela 1. Os tratamentos constaram de dois



Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas (MATOS, 2005).

Figura 1 – Precipitação ao longo do ano nas Sub-bacias do Rio Doce e Paraíba do Sul, região onde se localizam as propriedades de Araponga e Pedra Dourada (média de 12 anos).

Tabela 1 – Características químicas e físicas dos solos na época da instalação dos experimentos na profundidade de 0-20 cm

Análise Química	Araponga	Pedra Dourada
pH em água (1:2,5)	5,24	5,04
Alumínio trocável (cmol _c /dm ³) ¹	0,47	0,59
Fósforo (mg/dm ³) ¹	1,00	2,92
Potássio (mg/dm ³) ¹	59,80	53,50
Cálcio (cmol _c /dm ³) ²	1,74	0,99
Magnésio (cmol _c /dm ³) ²	0,74	0,47
Carbono orgânico (g/kg) ³	29,00	36,80
Zinco (mg/dm ³) ¹	1,17	1,56
Ferro (mg/dm ³) ¹	40,70	14,70
Manganês (mg/dm ³) ¹	10,40	20,20
Cobre (mg/dm ³) ¹	0,50	0,38
Análise granulométrica		
Areia (%)	39	36
Argila (%)	52	45
Classe textural	Argiloso	Argilo

Métodos utilizados na análise: ¹ Mehlich-1; ² Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³: KCl 1 mol L⁻¹; ³ C org. Walkley Black.
Fonte: Matos (2005).

locais de cultivo de café orgânico (Araponga e Pedra Dourada), três espécies de leguminosas (*C. cajan*, *C. spectabilis* e *L. purpureus*) e o conjunto de plantas espontâneas, de agora em diante denominada apenas espontâneas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×4 (dois locais, três espécies de leguminosas e um conjunto de espontâneas) \times quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

Ao atingir o estágio de floração, 120 dias após o plantio, coletou-se a parte aérea dos adubos verdes para que fosse quantificada a massa fresca do material. A biomassa total produzida foi estimada a partir da pesagem do material produzido em cada parcela. Ao mesmo tempo, coletou-se a parte aérea das espontâneas, onde a grande maioria também estava no estágio de floração. De cada material foi utilizada uma amostra para determinar a umidade e realizar as análises químicas posteriores. De cada leguminosa ou conjunto de espontâneas foram separadas amostras (100 g cada) de matéria fresca, acondicionadas em “sacolas de lambri” de 20×20 cm e malha de 2 mm, com disposição no campo sob a projeção da copa das plantas de café no mesmo dia corte. Estas sacolas de lambri foram coletadas aos 15, 30, 60, 120 e 240 dias. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial $2 \times 4 \times 5$ (dois locais, quatro espécies de leguminosas e espontâneas) e cinco tempos) \times quatro repetições, totalizando 160 unidades experimentais (= 160 sacolas de lambri).

2.2 Caracterização química e bioquímica dos adubos verdes

As amostras de material fresco foram secas em estufa, moídas e separadas por peneira de 2 mm. Foi determinado o C orgânico por YEOMANS & BREMNER (1988). Após a digestão nitroperclórica (SARRUGE; HAAG, 1974) foram determinados os teores de P (BRAGA; DEFELIPO, 1994), K, por fotometria de chama, e Ca e Mg, por espectrofotometria de absorção atômica.

Após extração com metanol, os polifenóis solúveis foram determinados (50%) por colorimetria, utilizando-se o reagente de Folin-Denis (ANDERSON; INGRAM, 1996). Foram obtidos os componentes da parede celular, lignina, celulose e hemicelulose, utilizando-se o método sequencial (van SOEST *et al.*, 1991). Para isto, foram utilizados 2 mL de uma solução a 1% de amilase por amostra, na determinação de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA). Por diferença,

subtraindo da FDN a FDA, foram determinados os valores de hemicelulose no material analisado, em porcentagem da matéria seca. Subtraindo-se da FDA a lignina, determinaram-se os teores de celulose.

2.3 Velocidade de decomposição dos adubos verdes

Os materiais acondicionados nas “sacolas de lambri” foram recolhidos aos 15, 30, 60, 120 e 240 dias, secos em estufa, pesados, moídos e separados por peneira de 2 mm. A partir do valor de matéria seca obtido, e tendo o valor da matéria seca no tempo zero, foram calculadas as porcentagens remanescentes em cada tempo (dias) de recolhimento das amostras.

2.4 Análises estatísticas

Os dados de MS e a quantidade total de nutrientes dos adubos verdes dentro de cada local foram submetidos à análise de variância, empregando-se teste F, a 5% de probabilidade. Para execução das análises, utilizou-se o programa SAEG.

3. Resultados e discussão

3.1. Produção de biomassa na parte aérea de adubos verdes

Os dados de produção de biomassa, em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de matéria seca (MS) estão apresentados na Tabela 2. Os valores variaram entre $1,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (*L. purpureus*) e $2,92 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (*espontâneas*), na propriedade localizada em Araçatuba. Em Pedra Dourada, os valores variaram entre $1,46 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (*C. cajan*) e $2,36 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (*C. spectabilis*). A síntese da análise de variância encontra-se na Tabela 1A, do Anexo A.

Houve efeito de adubo verde e de local ($p < 0,01$) na biomassa total produzida. A interação espécie \times local também foi significativa ($p < 0,01$). Em Araçatuba, obteve-se menor produção de MS com *L. purpureus* ($1,82 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), os demais adubos verdes não diferiram significativamente, inclusive as espontâneas. Em Pedra Dourada não foi observada diferença entre os adubos verdes.

Tabela 2 – Produção de biomassa dos adubos verdes, expressa em kg. ha⁻¹ de matéria seca, nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada

Adubo Verde	Araponga	Pedra Dourada
<i>C. spectabilis</i>	2,75A a	2,36 A a
<i>L. purpureus</i>	1,82 B a	2,01 A a
<i>C. cajan</i>	2,82 A a	1,46 A b
Espontâneas	2,92 A a	1,60 A b

Letras maiúsculas (colunas) representam comparações de diferentes espécies em um mesmo local; letras minúsculas (linhas) representam comparações de uma mesma espécie em diferentes locais; letras iguais indicam não haver diferença significativa (teste Tukey a 5%).

O valor de MS observado para *C. cajan* em Araponga, de 2,82 t.ha⁻¹, mostra-se semelhante ao encontrado por Favero (2001), de 2,867 t.ha⁻¹, e inferior ao encontrado por Alcântara (2000), que foi de 13,2 t.ha⁻¹, e de Alvarenga (1995), 17,9 t.ha⁻¹. Os valores de MS encontrados para *C. spectabilis* são muito inferiores aos valores de 6,5 t.ha⁻¹ encontrado por Alcântara (2000), e os valores de MS de *L. purpureus* são inferiores aos valores de 7,5 t.ha⁻¹ encontrados por Ibewiro (2000). Estas diferenças podem estar relacionadas a diferenças de local.

Quanto ao local, em Araponga a MS de *C. cajan* (2,82 kg.ha⁻¹) e MS de espontâneas (2,92 kg.ha⁻¹) foram maiores do que em Pedra Dourada (1,46 kg.ha⁻¹ e 1,60 kg. ha⁻¹, respectivamente). Araponga está a uma altitude maior e apresenta diferenças edáficas (Tabela 1) como, por exemplo, solos com textura mais argilosa, o que pode influenciar na produção de biomassa do *C. cajan*. Houve diferenças no teor de alguns nutrientes, por exemplo, P foi maior em Pedra Dourada e diferenças de correção dos solos no momento de implantação do experimento. Os dados não permitem atribuir com segurança a que se deve a diferença entre os dois locais. No que se referem às espontâneas, as diferenças podem estar relacionadas às espécies observadas em um e outro local (maior quantidade de espécies de folhas largas em Pedra Dourada – 70% de *Bidens pilosa*, picão-preto e de folhas estreitas em Araponga – 80% de *Digitaria insularis*, capim-amargoso).

Para o agricultor, é importante a utilização de adubos verdes que tenham uma quantidade grande de biomassa no momento do corte destas espécies, com fins de fornecimento e ou ciclagem de nutrientes para a cultura principal, como, também, para que haja cobertura do solo satisfatória, minimizando as perdas por erosão, principalmente em terrenos declivosos, como os da Zona da Mata de Minas Gerais e,

em particular, como os das duas propriedades estudadas. Para o agricultor, pequenas diferenças, mesmo que não significantes de acordo com os testes adotados, podem ser importantes e, neste caso, ele poderia então optar, no que se refere à produção de MS, em apenas manejar as espontâneas, em Araponga, ou plantar *C. spectabilis* em Pedra Dourada. Outros fatores e não só a produção de biomassa estão envolvidos e influenciam a decisão do agricultor, como dificuldade de conseguir sementes, adaptação à cultura principal, dificuldades no manejo, qualidade do adubo verde e autonomia no manejo dos sistemas.

A opção de utilização de plantas do próprio sistema, como as espontâneas, diminuindo a utilização de sementes e outros insumos externos na área de produção, garante uma condição básica da sustentabilidade de sistemas agroecológicos, que é a autonomia. Além disto, a presença de plantas espontâneas em um agroecossistema pode produzir a mesma quantidade de MS que algumas leguminosas mais tradicionais, como as apresentadas na Tabela 2. Com as espontâneas, além da produção de biomassa, há aumento e ou manutenção da diversidade no ambiente, em virtude da diversidade de espécies existentes.

3.2 Composição química dos adubos verdes

Os dados de composição química acumulada (kg/ha) na parte aérea dos adubos verdes, nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada, encontram-se na Tabela 3. Os teores de C variam de 723,78 kg/ha (espontâneas) a 1.749,21 kg/ha (*C. spectabilis*), em Pedra Dourada. O N variou de 40,08 kg/ha (espontâneas) a 116,55 kg/ha (*C. spectabilis*), em Pedra Dourada. O P variou de 3,83 kg/ha (espontâneas) a 11,55 kg/ha (*C. spectabilis*), em Pedra Dourada. O K variou de 35,32 kg/ha (espontâneas), em Pedra Dourada, a 53,62 kg/ha (espontâneas), em Araponga. O Ca variou de 15,55 kg/ha (*C. cajan* em Araponga) a 24,09 kg/ha (*C. spectabilis*), em Araponga). O Mg variou de 4,49 kg/ha (*L. purpureus*) a 11,07 kg/ha (*C. spectabilis*), em Pedra Dourada.

A síntese da análise de variância e os coeficientes de variação encontram-se na Tabela 2A, Anexo A. Houve efeito de adubos verdes ($p < 0,01$) no teor de nutrientes para todos os elementos analisados, exceto o Ca. Quanto ao local, houve efeito para N, Ca ($p < 0,01$) e K ($p < 0,05$); a interação local x espécie foi significativa também para N, Ca e K ($p < 0,01$).

Tabela 3 – Composição química acumulada na parte aérea dos adubos verdes nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada

Adubo Verde	C	N	P	K	Ca	Mg
	kg.ha ⁻¹					
Araponga						
<i>C. spectabilis</i>	1.609,07A a	91,49Aba	8,17Ab	48,99Aa	24,09Aa	9,46Aa
<i>L. purpureus</i>	920,98Ba	69,31ABa	6,50Aa	48,37Aa	22,20Aa	5,99Aa
<i>C. cajan</i>	1.394,41ABa	108,66Aa	8,46Aa	53,33Aa	15,55Aa	6,57Aa
Espontâneas	1.364,03ABa	55,86Ba	5,73Aa	53,62Aa	25,22Aa	10,99Aa
Pedra Dourada						
<i>C. spectabilis</i>	1.749,21Aa	116,55Aa	11,55Aa	40,22Aa	23,37Aa	11,07Aa
<i>L. purpureus</i>	937,23Ba	70,2ABa	6,41BCa	48,95Aa	20,56Aa	4,49Ba
<i>C. cajan</i>	1.235,95ABa	113,63Aa	9,52ABa	43,23Aa	15,79Aa	5,91Aba
Espontâneas	723,78Bb	40,08Ba	3,83Ca	35,32Ab	16,57Aa	5,87ABb

Letras maiúsculas representam comparações entre espécies em uma mesmo local; letras minúsculas representam comparações da mesma espécie em diferentes locais.

Em Araponga, os valores mais altos de C (kg/ha) foram encontrados em *C. spectabilis* (1.609,07) e os valores mais baixos para *L. purpureus* (920,97), sendo que espontâneas e *C. cajan* não diferiram de nenhum dos dois outros adubos verdes; os valores de N (kg/ha) mais altos foram encontrados em *C. cajan* (108,66), que foi superior à *C. spectabilis* (91,49), à *L. purpureus* (69,31) e às espontâneas (55,86). Os valores de P, em kg/ha (média 6,96 kg/ha), K (média = 51,08), Ca (média = 21,77) e Mg (média = 8,26) não diferiram entre os adubos verdes.

Em Pedra Dourada, o teor mais alto de C (kg/ha) foi encontrado em *C. spectabilis* (1.749,21), que não diferiu de *C. cajan* (1.235,95) e o teor mais baixo para espontâneas (723,78), que não diferiu de *C. cajan* e *L. purpureus* (937,23); o teor mais alto de N (kg/ha) também foi encontrado para *C. spectabilis* (116,55), que não diferiu de *C. cajan* (113,63) e *L. purpureus* (70,23). O teor mais baixo de N foi encontrado para espontâneas (40,08), que não diferiu de *L. purpureus*. O teor mais alto de P (kg/ha) foi encontrado em *C. spectabilis* (11,55), que se igualou à *C. cajan* (9,52), e o mais baixo em espontâneas (3,83), que se igualou à *L. purpureus* (6,41), enquanto *C. cajan* e *L. purpureus* não diferiram entre si. O maior teor de Mg (kg/ha) foi encontrado em *C. spectabilis* (11,07), que se igualou à *C. cajan* (5,91) e às espontâneas (5,87); o menor teor foi encontrado para *L. purpureus* (4,49), que se igualou à *C. cajan* e às espontâneas. Para os demais nutrientes não foram encontradas diferenças entre os adubos verdes (K, média = 41,93; e Ca, média = 18,08).

Quanto ao local, houve diferença nos teores de C, K e Mg apenas para as espontâneas, que foram maiores em Araponga que em Pedra Dourada. Para o teor de P, *C. spectabilis* foi maior em Pedra Dourada. No que se refere às interações significativas, em Pedra Dourada, o teor de N para o conjunto dos adubos verdes foi maior do que em Araponga, embora as espontâneas, individualmente apresentaram teores menores em Pedra Dourada. Já os teores de K e Ca foram maiores em Araponga que em Pedra Dourada, exceto em *C. cajan* e *L. purpureus*. Como a teor de C, K e Mg por kg de adubo verde não diferiram (dados não mostrados) de um local para o outro, as diferenças encontradas entre Araponga e Pedra Dourada estão na quantidade de MS produzida e não no teor de nutrientes nas plantas. A quantidade de N e P nas plantas (kg de nutrientes/kg de MS) apresentou diferença significativa ($p < 0,01$, dados não mostrados) de um local para outro. *C. spectabilis* apresentou percentagem menor de N e P em Araponga. Já as espontâneas apresentaram maiores teores de P em Araponga. As diferenças nos teores de P entre Araponga e Pedra Dourada ocorreram em virtude das diferenças entre as espécies presentes entre as duas propriedades. No que se refere a *C. spectabilis*, a mesma apresentou quantidades de MS altas e similares nos dois locais (Tabela 2), porém em Pedra Dourada, o teor de P no solo foi originalmente três vezes maior do que em Araponga, mesmo com a adubação fosfatada. Esta condição natural pode estar interferindo na quantidade de N fixada pela *C. spectabilis*, já que se sabe que há interação entre P e desempenho de rizóbio (MARSCHNER, 1995).

No que se refere ao teor de nutrientes, as análises estatísticas não permitem apontar com segurança um adubo verde que sobressaiu em relação aos demais. De uma forma geral *C. spectabilis* apresentou maior teor de nutrientes e *L. purpureus*, menor. Como para o agricultor pequenas diferenças podem ser importantes, ele certamente escolheria em Araponga, no que se refere a N e P o *C. cajan*, em relação ao K, o *C. cajan* e as espontâneas e em relação ao Ca e Mg as espontâneas. Já em Pedra Dourada, o agricultor certamente escolheria a *C. spectabilis*, no que se refere ao N, P, Ca e Mg, e o *L. purpureus* em relação ao K. Por outro lado, o conjunto dos nutrientes é importante, assim como outros aspectos, já discutidos anteriormente. No que se refere aos nutrientes, todas as leguminosas e também as espontâneas podem cumprir papéis específicos e que para potencializar os efeitos, nada melhor do que fazer o uso da diversidade.

Houve influência de local no que se refere ao conteúdo de nutrientes nos adubos verdes, mas somente para a *C. spectabilis*, já que a composição das espontâneas difere

de um local para outro, havendo predominância de espécies de folhas estreitas em Araponga e de folhas largas em Pedra Dourada, juntando os efeitos de local com espécies. As diferenças no que se refere ao teor de nutrientes para *C.spectabilis*, assim como para a MS para *L. purpureus*, podem estar relacionadas às condições edáficas e climáticas, mas os resultados aqui apresentados não permitem assegurar qual é a relação.

3.3 Composição bioquímica dos adubos verdes

Os dados de composição bioquímica encontram-se na Tabela 4. Observa-se que há semelhança entre os teores de hemicelulose, celulose, lignina e polifenóis entre as espécies de um local e outro, e as diferenças ocorrem entre espécies de um mesmo local. No que se refere às leguminosas de Araponga, o maior teor de hemicelulose foi para *C. cajan* (19,92 %), e o menor teor para *C. spectabilis* (11,65 %); o maior teor de celulose foi para *C. spectabilis* (38,47%), e *L. purpureus* e *C. cajan* apresentaram teores iguais (26,65 %); o maior teor de lignina foi para *C. cajan* (10,77 %) e menor para *L. purpureus* (6,75 %), muito similar à *C. spectabilis* (6,77 %); o maior teor de polifenóis foi para *L. purpureus* (1,62 %) e o menor em *C. spectabilis* (0,99%). Nas leguminosas de Pedra Dourada, o maior teor de hemicelulose foi para *L. purpureus* (19,50 %), mas muito próximo de *C. cajan* (18,69 %), e o menor teor para *C. spectabilis* (9,98 %); o maior teor de celulose foi para *C. spectabilis* (32,26 %) e menor para *C. cajan* (24,40 %); o maior teor de lignina foi para *C. cajan* (10,39 %) e menor para *C. spectabilis* (4,56 %); o maior teor de polifenóis foi para *L. purpureus* (1,59 %) e o menor para *C. spectabilis* (0,85 %). Em Araponga, o teor de hemicelulose nas espontâneas foi, aproximadamente, duas vezes maior do que nas espontâneas de Pedra Dourada. Diferenças entre as espontâneas eram de se esperar, pois houve diferenças entre a composição de espécies entre um local e outro. Para os demais componentes as diferenças não variaram tanto entre os dois locais.

Em Araponga, a relação C/P foi maior para *C. spectabilis* (190,88) e menor para espontâneas (70,45); a relação C/N foi maior para as espontâneas (24,26) e menor para *C. cajan* (12,96); a relação LG/N foi maior para espontâneas (4,85) e menor para *L. purpureus* (1,95); a relação LG/PP foi maior para *C. cajan* e menor para *L. purpureus*; a relação PP/N foi maior para espontâneas (0,68) e menor para *C. cajan* (0,33); a relação (LG+PP)/N foi maior para espontâneas (5,53) e menor para

Tabela 4 – Composição bioquímica da parte aérea dos adubos verdes nas propriedades de Araçá e Pedra Dourada

Adubo Verde	HM	CL	LG	PP	C/P	C/N	LG/N	LG/PP	PP/N	(LG+P)/N
Araçá										
<i>C. spectabilis</i>	11,65	38,47	6,77	0,99	190,88	17,45	2,40	6,81	0,35	2,75
<i>L. purpureus</i>	18,10	26,65	6,75	1,62	142,88	13,28	1,95	4,16	0,47	2,42
<i>C. cajan</i>	19,92	26,65	10,77	1,39	165,59	12,96	2,55	7,77	0,33	2,88
Espontâneas	20,92	39,54	9,27	1,31	70,45	24,26	4,85	7,10	0,68	5,53
Pedra Dourada										
<i>C. spectabilis</i>	9,98	32,26	4,56	0,85	152,84	15,06	1,28	5,33	0,24	1,52
<i>L. purpureus</i>	19,50	28,92	6,38	1,06	142,61	13,05	1,82	6,03	0,30	2,12
<i>C. cajan</i>	18,69	24,40	10,39	0,98	128,85	10,78	2,27	10,51	0,22	2,49
Espontâneas	9,91	36,11	12,38	1,59	187,93	18,64	5,16	7,81	0,66	5,82

HM = hemicelulose; CL = celulose; LG = lignina; e PP = polifenóis totais solúveis.

L. purpureus (2,42). Já em Pedra Dourada, C/P e C/N foram maiores para espontâneas (187,93 e 18,64 respectivamente) e menores para *C. cajan* (128,85 e 10,78 respectivamente); LG/N foi maior para espontâneas (5,16) e menor para *C. spectabilis* (1,28); LG/PP foi maior para *C. cajan* (10,51) e menor para *C. spectabilis* (5,33); PP/N foi maior para espontâneas (0,66) e menor para *C. cajan* (0,22); (LG + PP)/N foi maior para espontâneas (5,82) e menor para *C. spectabilis* (1, 52).

Com base na classificação de Praveen-Kumar *et al.* (2003), todas as leguminosas devem apresentar altas taxas de decomposição. Estes autores classificaram os resíduos vegetais a partir da relação C/N e LG/N apresentadas por eles. Sendo assim, resíduos com relação C/N menor que 18 e LG/N menor que 5, como *C. spectabilis*, *L. purpureus* e *C. cajan*, em ambas propriedades, podem ser classificadas como de rápida decomposição.

De acordo com Praveen-Kumar *et al.* (2003), resíduos com relação C/N entre 18 e 27, e LG/N entre 5 e 7, como é o caso das espontâneas em ambas as localidades, podem ser classificados como de taxa moderada de decomposição. Assim, pode-se prever que o tempo de liberação de nutrientes para o solo das espontâneas será maior do que das leguminosas, principalmente de N, pela possível complexação de alguns tipos de polifenóis com proteínas. Contudo, as espontâneas poderão ter maior contribuição no aumento da MO do solo. Estes valores encontrados para espontâneas são semelhantes aos observados por Favero (1998), onde a relação C/N para a maioria das espécies espontâneas analisadas variou entre 17 e 53. Já para as leguminosas *Cajanus cajan*, *Dolichus lablab*, *Mucuna aterrina*, *Canavalia ensiformes* e *Canavalia brasilienses*, estudadas pelos mesmos autores, a relação C/N variou de 9, 25 a 17,61, condizendo também com os valores encontrados no presente estudo.

3.4 Taxa de decomposição de adubos verdes

Os dados de decomposição dos adubos verdes aos 15, 30, 60, 120 e 240 dias após o corte encontram-se na Figura 2. Em Araçatuba, o decaimento ao longo do período de avaliação de *C. spectabilis* foi de 80 a 54,32%, de *L. purpureus* foi de 82,02 a 39,98%, de *C. cajan* foi de 80,67 a 56,93% e das espontâneas foi de 90,17 a 24,73%. Em Pedra Redonda, o decaimento de *C. spectabilis* foi de 81,51 a 35,13%, de *L. purpureus* foi de 66,04 a 34,68%, de *C. cajan* foi de 77,70 a 40,93% e das espontâneas foi de 48,74 a 14,88%.

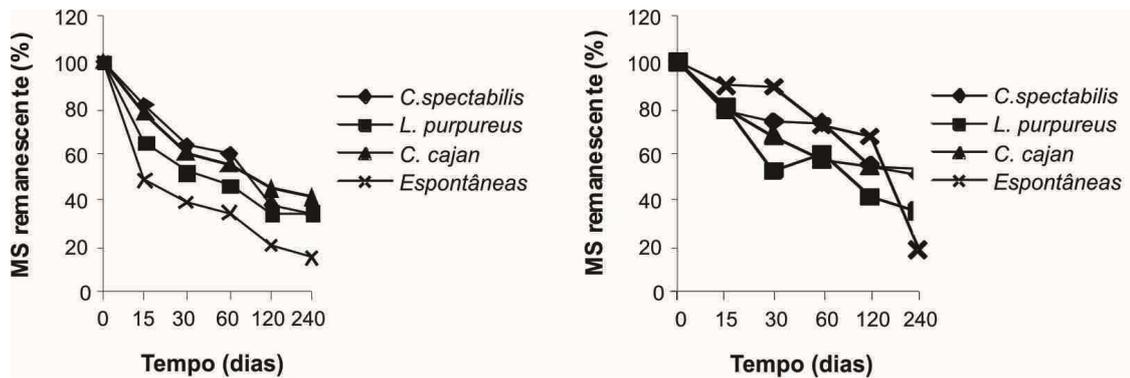


Figura 2 – MS remanescente de adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada, respectivamente, ao longo de 240 dias.

A síntese da análise de variância e o coeficiente de variação encontram-se na Tabela 4A, do Anexo A. Os teores de MS remanescente diferem ($p < 0,01$) quanto aos adubos verdes, local, tempo, interação adubo verde x local, adubo verde x tempo e adubo verde x tempo x local. Em Araponga, aos 15 dias e aos 60 dias não houve diferença na porcentagem de MS remanescente entre os quatro adubos verdes. Aos 15 dias, em Pedra Dourada, a porcentagem de MS remanescente foi menor ($p < 0,05$) para as espontâneas. Aos 240 dias, em Araponga, o teor de MS remanescente de *C. cajan* foi igual de *C. spectabilis* e maior que *L. purpureus*. Crotalária foi igual a *L. purpureus* e maior que espontâneas, igual, por sua vez, a *L. purpureus*. Em Pedra Dourada apenas o teor de espontâneas diferiu e foi o menor de todos.

A taxa de decomposição “k”, a partir dos valores de MS remanescentes encontra-se na Tabela 5. As taxas K foram semelhantes entre as três leguminosas dentro de cada propriedade, sendo superiores às espontâneas nos dois locais. Os valores de “k” variaram de 0,002340 a 0,001744 (*C. spectabilis* e espontâneas, respectivamente, a $p < 0,01$), em Araponga, e em Pedra Dourada de 0,005024 a 0,002027 (*L. purpureus* e espontâneas, respectivamente, a $p < 0,01$). Todos os valores encontrados para “k” em Araponga foram menores do que em Pedra Dourada, indicando que a taxa de decomposição em Araponga foi menor do que em Pedra Dourada. Atribui-se este fato às diferenças edafoclimáticas entre os dois locais, como também à composição bioquímica. Já para o tempo de meia-vida, os valores encontrados para as espontâneas (37,57 em Araponga e 24,19 em Pedra Dourada) foram muito inferiores aos das leguminosas, indicando que o tempo necessário para que metade da MS seja decomposta é bem menor para estas espécies do que para os outros adubos estudados.

Tabela 5 – Estimativa dos parâmetros (a , k) da equação de decomposição e do tempo de meia vida ($t_{1/2}$) para os adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada.

Adubo Verde	a (g)	k (dias ⁻¹)	R ²	t _{1/2}
Araponga				
<i>C. spectabilis</i>	33,20833	0,002340**	0,9691	95,25690
<i>L. purpureus</i>	35,79823	0,002250**	0,9762	68,61385
<i>C. cajan</i>	43,82603	0,002054**	0,9796	93,20138
Espontâneas	7,455068	0,001744**	0,9935	37,57888
Pedra Dourada				
<i>C. spectabilis</i>	22,17491	0,004799**	0,9489	111,14420
<i>L. purpureus</i>	18,13855	0,005024**	0,9600	115,79700
<i>C. cajan</i>	26,98055	0,004818**	0,9264	130,07130
Espontâneas	11,17067	0,002027**	0,9871	24,19796

**Significativo a 1 % de probabilidade, pelo teste T.

As correlações entre a composição bioquímica e a taxa de decomposição dos adubos encontram-se na Tabela 6. No que diz respeito ao teor de hemicelulose, o valor foi de 0,52 aos 120 dias; para C/N, -0,51 aos 240 dias; para LG/N, -0,63 aos 240 dias; para PP/N, -0,65 aos 240 dias; e para (LG+PP)/N, -0,64 também aos 240 dias. Em geral, os maiores valores para estes compostos foram encontrados em Araponga, onde também a taxa de decomposição foi menor, indicando uma decomposição mais lenta dos materiais estudados que em Pedra Dourada.

O maior decaimento aconteceu em momentos diferentes, em cada propriedade, e para cada adubo (Figura 2). Em Araponga, entre 0 e 15 dias o decaimento ficou entre 10 e 20% para todos os adubos verdes. Após este período, para *C. spectabilis* foi verificado decaimento aos 120 dias; para *L. purpureus* isto foi verificado aos 30 dias; para *C. cajan* isto foi verificado aos 60 dias; e para espontâneas isto foi verificado aos 120 dias. Já em Pedra Dourada, entre 0 e 15 dias o decaimento ficou entre 50 e 20%, aproximadamente, para todos os adubos verdes, sendo que a maior queda se deu para as espontâneas. Após o período inicial, para *C. spectabilis* foi verificado decaimento aos 30 dias; para *L. purpureus* isto foi verificado aos 60 dias, para *C. cajan*, aos 30 dias e para espontâneas, aos 120 dias.

Pelos resultados encontrados, as leguminosas tanto em Araponga quanto em Pedra Dourada não apresentam diferenças marcantes quanto à facilidade de decomposição, à exceção para *L. purpureus*, em Araponga, que se decompôs mais facilmente ao longo do período de avaliação e ao final apresentou o menor conteúdo de MS remanescente.

Tabela 6 – Coeficientes de correlação (r) entre as taxas de decomposição e a composição bioquímica de adubos verdes

Tempo (Dias)	HM	CL	LG	PP	C/P	C/N	LG/N	LG/PP	PP/N	(LG+P)/N
	----- <i>r</i> -----									
15	0,43	-0,36	-0,41	-0,28	-0,56 ⁰	0,09	-0,33	-0,17	-0,21	-0,32
30	0,37	-0,05	-0,18	-0,28	-0,54 ⁰	0,47	0,05	0,03	0,05	0,05
60	0,24	-0,001	-0,39	-0,26	-0,37	0,30	-0,18	-0,19	-0,05	-0,17
120	0,52 ⁰	-0,18	-0,08	-0,10	-0,51 ⁰	0,35	0,03	0,03	0,06	0,04
140	0,21	-0,18	-0,25	-0,29	0,29	-0,51 ⁰	-0,63*	0,02	-0,65*	-0,64*

HM = hemicelulose; CL = celulose; LG = lignina; e PP = polifenóis totais solúveis.

**Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste T.

Observa-se pela Tabela 4, que a relação PP/N de *L. purpureus* é maior do que das outras leguminosas, favorecendo a decomposição deste material em curto prazo, fato este confirmado quando os teores de MS remanescente foram analisados, que foram menores para esta leguminosa em todo o período de avaliação. Além disto, ao se observar a constante de decomposição “k”, confirmou-se que para esta leguminosa os valores são mais altos, e então a taxa de decomposição foi maior. Em Araponga, até os 120 dias, as espontâneas apresentam maiores teores de MS remanescente, ou seja, maior dificuldade de decomposição, o que está de acordo com os critérios propostos por Praveen-Kumar *et al.* (2003), ou seja $C/N < 18$ e $LG/N < 5$, além disto as espontâneas apresentaram os menores valores das relações C/P e os maiores das relações LG/PP e LG+PP/N (Tabela 4). A queda brusca dos 120 aos 240 dias (aproximadamente 70%) pode ser atribuída a um determinado material e ou espécie presente no conjunto de espontâneas coletadas para a composição da sacola de lambri referente à coleta de 240 dias, ser diferente dos demais.

Além disso, apesar deste período de avaliação (entre 120 e 240 dias) ser uma época normalmente seca, o microclima possivelmente mais úmido onde estavam inseridas as sacolas pode ter influenciado nos resultados. Outro aspecto a ser considerado é o momento de instalação do experimento, que se deu durante o período das chuvas, e a coleta foi feita no início do período chuvoso, ou seja, o material vegetal ficou a campo durante o período seco. Em especial para as espontâneas, que são manejadas em diferentes épocas do ano e estão representadas em diferentes espécies em uma propriedade agroecológica, pode haver diferentes velocidades de decomposição. Para *L. purpureus*, o maior decaimento se deu entre 15 e 30 dias, período este que constou de maior precipitação ao longo dos meses de avaliação (fevereiro a outubro – Figura 1).

O valor de *L. purpureus* aos 60 dias apresentou-se maior que aos 30 dias, o que pode ser considerado como um erro experimental ocorrido em virtude do acúmulo de solo no material na hora da pesagem, porém na análise estatística não houve diferença significativa entre os valores encontrados nestas duas coletas, não ocorrendo, então, decaimento de MS entre 30 e 60 dias neste material.

O maior decaimento ocorrido no período inicial, em especial em Pedra Dourada, era esperado, pois é quando ocorre uma maior perda de compostos solúveis de mais fácil decomposição (LUPWAYI *et al.*, 2004).

Os valores de MS em todo o período de avaliação foram menores em Pedra Dourada, fato este explicado pela menor altitude do local (690 m), pelas temperaturas médias locais maiores, e com a face de exposição ao sol do experimento ao sul, com maior umidade nas entrelinhas do cafeeiro, favorecendo a decomposição dos adubos verdes.

4 Considerações finais

As plantas espontâneas apresentaram-se com resultados semelhantes aos das leguminosas no que diz respeito à composição química no material, apesar de terem comportamentos diferentes das leguminosas quanto à taxa de decomposição.

As taxas de decomposição dos adubos verdes foram maiores em menor altitude (690 m), maior temperatura média (20,90C), solo argilo-arenoso e em adubos com menores relações C/N, LG/PP, PP/N e (LG+PP)/N.

Embora o conjunto de espontâneas seja composto de diferentes espécies em cada local, elas possuem menores taxas de decomposição em relação às leguminosas, indicando menor taxa de liberação de nutrientes, porém uma provável maior formação de matéria orgânica no solo.

É importante que haja a utilização e a interação de vários adubos verdes, combinando a velocidade de decomposição dos mesmos com as necessidades da cultura principal e aos objetivos do agricultor, seja para fins de adubação como para cobertura do solo e manutenção da diversidade no agroecossistema.

CAPÍTULO 3

MINERALIZAÇÃO DE CARBONO E NITROGÊNIO EM ADUBOS VERDES SOB DIFERENTES CONDIÇÕES EDAFOCLIMÁTICAS NA ZONA DA MATA DE MINAS GERAIS

Resumo: Em sistemas agroecológicos de produção, a disponibilidade de nutrientes para a cultura principal e para o agroecossistema como um todo é um dos principais fatores limitantes. Sendo assim, a utilização de técnicas e estudos que permitam o incremento da ciclagem de nutrientes e manutenção da biodiversidade é imprescindível. No presente estudo, objetivou-se o aprofundamento da dinâmica de mineralização de C e N das leguminosas *Crotalaria spectabilis*, *Lablab purpureus*, *Cajanus cajan* e de um conjunto de plantas espontâneas, e as relações com a taxa de decomposição e qualidade destes materiais vegetais em dois municípios (Araponga e Pedra Dourada). Nos dois municípios, os maiores teores de C-CO₂ acumulados foram encontrados para *C. cajan*, e os menores para as espontâneas, este último podendo estar associado às maiores taxas de hemicelulose destas espécies. Os valores totais de C-CO₂ foram maiores em uma maior altitude. Em relação à dinâmica de N, houve predomínio de mineralização de N. Os maiores valores de N total mineralizado foram encontrados para *C. cajan*, em ambas as localidades, e os menores valores para espontâneas. Os valores em geral foram maiores em Pedra Dourada do que em Araponga, diferença esta que pode ser atribuída às diferenças edafoclimáticas. Pode-se concluir que a mineralização de C é influenciada pela relação lignina/polifenóis, e a mineralização de N pelo teor de polifenóis e pelas relações C/N, LG/N, PP/N e (LG+PP)/N. O comportamento das espontâneas foi distinto das leguminosas, mas de relevância em médio prazo, em um sistema agroecológico que valorize a diversidade e o incremento da ciclagem de nutrientes.

1. Introdução

A disponibilidade de nutrientes para as plantas cultivadas é uma das principais dificuldades no cultivo agroecológico de café pelos agricultores familiares da região da Zona da Mata de Minas Gerais. Em geral, necessita-se de grandes aportes de adubos orgânicos à base de esterco (puro ou na forma de composto), para suprir as exigências nutricionais das lavouras, localizadas em ambientes, em geral, de baixa fertilidade natural. Estes adubos orgânicos nem sempre estão disponíveis nas propriedades na quantidade necessária. Dentro do princípio agroecológico de autonomia, onde os insumos utilizados devem ser provenientes da propriedade ou o mais próximo a ela (ALTIERI, 2002), o uso de adubos verdes tem sido apontado como prática agroecológica importante, a fim de incrementar a ciclagem de nutrientes nos agroecossistemas. Pode-se conceituar adubação verde como a utilização de plantas em rotação, sucessão ou consorciação com as culturas, incorporando-as ao solo ou deixando-as na superfície, visando-se à proteção, bem como a manutenção e melhoria das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (CALEGARI *et al.*, 1992).

Dentre os adubos verdes, as leguminosas têm tido especial atenção, em função da capacidade das mesmas em fixar o N_2 atmosférico em simbiose com *Rhizobium*. Grande aporte de N fixado é então disponibilizado para as plantas, em especial para plantas cultivadas, incrementando a ciclagem de nutrientes, essencial para a sustentabilidade de um agroecossistema. Várias espécies têm sido cultivadas como adubos verdes, entre elas *Cajanus cajan* (guandu), *Crotalaria spectabilis* (crotalária) e *Lablab purpureus* (lab-lab), porém as plantas não cultivadas, leguminosas ou não, denominada espontâneas, nativas, ou mais pejorativamente ervas daninhas, podem constituir importantes fontes de adubos verdes (FAVERO, 1998).

Para que os adubos verdes possam ser utilizados com eficiência na ciclagem de nutrientes em sistemas agroecológicos de produção, é fundamental o entendimento da dinâmica de decomposição e liberação dos nutrientes destes materiais orgânicos no solo. A taxa de decomposição dos resíduos vegetais e a liberação de nutrientes são influenciadas por fatores, como umidade, temperatura, evapotranspiração e quantidade e qualidade do material vegetal (THOMAS; ASAKAWA, 1993). A qualidade é caracterizada pela natureza física e pela composição química dos resíduos, levando-se em consideração os teores de N, C, P, lignina e polifenóis e as relações lignina/N e

(lignina+polifenóis)/N, lignina/polifenóis, polifenóis/N (FOX *et al.*, 1990, PALM; SANCHEZ, 1991; THOMAS; ASAKAWA, 1993; HANDAYANTO *et al.*, 1995).

As leguminosas, por apresentarem uma estreita relação C:N e um maior conteúdo de N e C solúveis em água (GIACOMINI *et al.*, 2000), em geral, são rapidamente decompostas, liberando a maior parte dos nutrientes dos resíduos nos primeiros 30 dias após o seu manejo (DA ROS; AITA, 1996). Por outro lado, as gramíneas caracterizam-se pela elevada relação C:N da palhada, o que resulta em uma menor taxa de decomposição e menor taxa de liberação dos nutrientes. Mas, os padrões de mineralização de N e a decomposição dos resíduos vegetais adicionados ao solo e que estão diretamente relacionados com a ciclagem de nutrientes, não são definidos apenas pela relação C:N, mas, também, pelos outros componentes da planta e suas relações. Handayanto *et al.* (1995), estudando o efeito do N sobre a qualidade de alguns resíduos, verificaram que, com a adição de N, não houve aumento na concentração de N, mas diminuiu a concentração de polifenóis e a relação C:N dos resíduos estudados. Além disto, observou-se também que a mineralização de N era controlada pela concentração inicial de N ou pela relação C:N desses resíduos, apenas se os resíduos apresentassem pouca variabilidade nos teores de lignina e polifenóis. Os autores observaram ainda que a concentração de N, lignina, polifenóis e a relação C/N não foram suficientes para explicar as diferenças na taxa de mineralização de N, e que a relação (lignina+polifenóis)/N seria o fator mais consistente.

A taxa de decomposição dos materiais orgânicos do solo depende da atividade de microrganismos e pode ser avaliada a partir de sua atividade. Para isto, a quantidade de CO₂ liberada pela respiração microbiana tem sido utilizada. Os microrganismos do solo degradam os resíduos orgânicos, para obter energia para seu crescimento e sua manutenção. Durante a degradação aeróbica, os produtos finais das reações são CO₂ e água. Deste modo, a evolução de CO₂ pode ser usada como medida da atividade microbiana e indicadora da quantidade de material decomposto, embora parte do substrato decomposto também tenha sido utilizada para a síntese microbiana (MONTEIRO, 2002). A mineralização de N também é utilizada para avaliar indiretamente a atividade dos microrganismos, já que a mineralização depende da atividade dos microrganismos do solo.

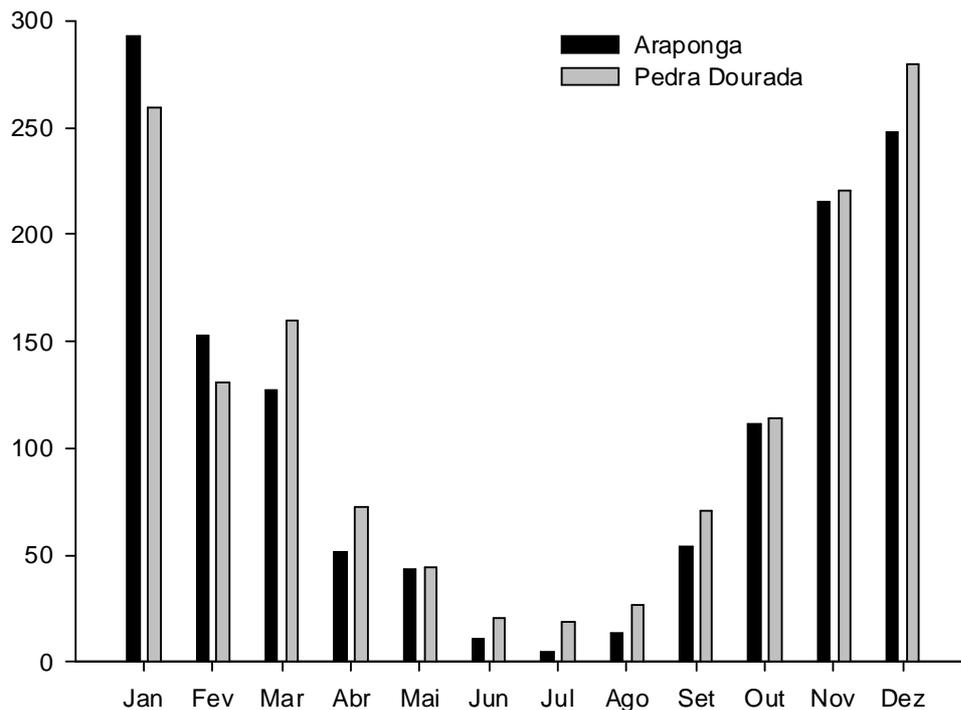
O presente trabalho teve como objetivo avaliar a atividade metabólica dos microrganismos, a partir da evolução de C-CO₂, e a mineralização de nitrogênio, em

condições de temperatura e umidade controladas, das leguminosas *Cajanus cajan* (guandu), *Crotalaria spectabilis* (crotalária), *Lablab purpureus* (lab-lab) e de um conjunto de plantas espontâneas, cultivadas sob duas condições edafoclimáticas na Zona da Mata de Minas Gerais.

2 Material e métodos

2.1 Localização dos experimentos

Os estudos foram realizados em duas unidades experimentais, instaladas em propriedades de agricultores familiares, nos municípios de Araponga e Pedra Dourada, localizados na região da Zona da Mata de Minas Gerais, no período de dezembro de 2003 a abril de 2004. As unidades experimentais foram instaladas em parceria com a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG)/Centro Tecnológico da Zona da Mata e Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA-ZM). Em Araponga, a propriedade situa-se a 20° 38' de latitude sul e 42° 31' de longitude oeste, a uma altitude média de 950 m, temperatura média mínima e máxima anual de 13,7 e 25,4 °C, respectivamente e precipitação de 1.320,2 mm (Figura 1). A área do experimento apresenta exposição solar oeste, recebendo maior insolação à tarde e com tendência a tornar o solo mais duro e ressecado (LIMA *et al.*, 2002). Em Pedra Dourada, a propriedade situa-se a 20° 50' de latitude sul e 42° 08' de longitude oeste, com altitude média de 690 m, temperatura média mínima e máxima anual de 15,2 e 26,6 °C, respectivamente, e precipitação de 1.277,3 mm (Figura 1). A área do experimento apresenta exposição solar sul, recebendo menor quantidade de insolação direta, sendo, portanto, mais fria e sombreada (LIMA *et al.*, 2002). Quando da implantação dos experimentos, as áreas encontravam-se em fase de formação de lavoura orgânica de café (terceiro ano pós-plantio). O plantio de leguminosas (*C. spectabilis*, *L. purpureus* e *C. cajan*) ocorreu nas entrelinhas da lavoura do café. Antes do plantio das leguminosas, os solos foram corrigidos e fertilizados, de acordo com as recomendações da Comissão de Fertilidade do Solo para o Estado de Minas Gerais (FONTES, 1999). Em Araponga foram aplicados 0,26 t ha⁻¹ de calcário e 64, 125 e 800 kg ha⁻¹ de gesso, sulfato de potássio e termofosfato, respectivamente. Em Pedra Dourada utilizou-se 1,20 t ha⁻¹ de calcário e 300, 125 e 800 kg ha⁻¹ de gesso, sulfato de potássio e termofosfato, respectivamente.



Fonte: ANA – Agência Nacional de Águas (MATOS, 2005).

Figura 1 – Precipitação ao longo do ano nas sub-bacias do Rio Doce e Paraíba do Sul, região onde se localizam as propriedades de Araponga e Pedra Dourada (média de 12 anos).

Para a coleta da vegetação espontânea, utilizou-se um sistema de café agroecológico, ao lado da área do experimento. Foram escolhidas as áreas para a instalação de quatro parcelas, uma com sombra, outra exposta ao sol, uma com o solo mais fértil, e outra com solo menos fértil (as duas últimas a partir das observações do agricultor). Estas espécies foram identificadas no momento do corte.

O solo de Araponga possui textura argilosa e o de Pedra Dourada textura argilo-arenosa. Em ambas as localidades os solos foram classificados como Latossolo Vermelho-Amarelo. As características químicas e físicas do solo quando da instalação dos experimentos são apresentadas na Tabela 1.

Os tratamentos foram dois locais de cultivo de café orgânico (Araponga e Pedra Dourada), três espécies de leguminosas (*C. cajan*, *C. spectabilis* e *L. purpureus*), e o conjunto de plantas espontâneas, de agora em diante denominada apenas espontâneas. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, em arranjo fatorial 2×4 (dois locais, três espécies de leguminosas e um conjunto de espontâneas) \times quatro repetições, totalizando 32 unidades experimentais.

Tabela 1 – Características químicas e físicas dos solos na época da instalação dos experimentos na profundidade de 0-20 cm

Análise Química	Araponga	Pedra Dourada
pH em água (1:2,5)	5,24	5,04
Alumínio trocável (cmol _c /dm ³) ¹	0,47	0,59
Fósforo (mg/dm ³) ¹	1,00	2,92
Potássio (mg/dm ³) ¹	59,8	53,5
Cálcio (cmol _c /dm ³) ²	1,74	0,99
Magnésio (cmol _c /dm ³) ²	0,74	0,47
Carbono orgânico (g/kg) ³	29,0	36,8
Zinco (mg/dm ³) ¹	1,17	1,56
Ferro (mg/dm ³) ¹	40,7	14,7
Manganês (mg/dm ³) ¹	10,4	20,2
Cobre (mg/dm ³) ¹	0,50	0,38
Análise granulométrica		
Areia (%)	39	53,5
Argila (%)	52	37,5
Classe textural	Argiloso	Argilo-arenoso

Fonte: Matos (2005).

¹ Mehlich-1; ² Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³ : KCl 1 mol L⁻¹; e ³ C org. Walkley Black.

Ao atingir o estágio de floração 120 dias após o plantio, foram coletadas as partes aéreas dos adubos verdes, para a quantificação da massa fresca do material, e uma amostra de cada material foi utilizada para determinação da umidade e das análises químicas posteriores. Ao mesmo tempo, coletou-se a parte aérea das espontâneas, onde a grande maioria também estava no estágio de floração, e desse material foram feitas as mesmas análises.

2.2 Evolução de CO₂

Para a evolução do CO₂, também chamada de respirometria, utilizou-se a metodologia descrita por Mendonça e Matos (2005). Foi usado material vegetal da colheita, seco e moído, e amostra de solo retirado do horizonte B de um Latossolo Vermelho-Amarelo, com textura argilosa e características químicas apresentadas na Tabela 2.

Pesou-se 100 g de TFSA, com solo e a quantidade de material vegetal equivalente a 2 g de C em recipientes plásticos de 500 cm³, com fechamento hermético e ajuste da umidade para 80% da capacidade de campo. Adicionou-se em cada

Tabela 2 – Características químicas do solo utilizado na incubação dos adubos verdes

Análise Química	Valores
pH em água (1:2,5)	4,20
Alumínio trocável (cmol _c /dm ³) ¹	1,37
Fósforo (mg/dm ³) ¹	0,50
Potássio (mg/dm ³) ¹	11,0
Cálcio (cmol _c /dm ³) ²	Nd
Magnésio (cmol _c /dm ³) ²	0,03
Carbono orgânico (g/kg) ³	20,00
Análise granulométrica	
Areia (%)	30
Argila (%)	64

Fonte: Matos (2005).

¹ Mehlich-1; ² Ca⁺², Mg⁺², Al⁺³: KCl 1 mol L⁻¹; ³ C org. Walkley Black; e nd = não detectado.

recipiente, sobre a mistura solo+material vegetal, um copo plástico contendo 30 mL de solução NaOH 0,5 mol.L⁻¹ para a captura do CO₂. Incubou-se a 25° C ± 1° C. Após 24 horas, retirou-se o frasco contendo NaOH, pipetou-se 10 mL da solução para erlenmayer de 125 mL, adicionou-se 10 mL de BaCl₂ 0,05 mol.L⁻¹ e três gotas de fenolftaleína e titulou-se com solução HCl 0,25 mol.L⁻¹. O frasco foi deixado aberto por aproximadamente 15 minutos e, em seguida, colocou um copo plástico contendo 30 mL de nova solução NaOH 0,5 mol.L⁻¹. Foram feitas leituras em 24 , 48, 72, 168, 264, 360, 456 e 552 horas.

A evolução de C-CO₂, expressa em função do tempo (horas), sofreu ajuste por uma equação logística, de acordo com o modelo estatístico:

$$Y_i = \frac{a}{1 + e^{-(b+ct_i)}} + \varepsilon_i$$

O parâmetro *a* caracteriza a saturação, *b* refere-se ao tempo transcorrido até se atingir a saturação na evolução de C-CO₂. O parâmetro de crescimento da função *c* indica a constante de evolução de C-CO₂, que se relaciona com a constante de mineralização. A magnitude dos parâmetros *a* e *b* refletem a degradabilidade do resíduo e a atividade microbiana. Por sua vez, *t* é o tempo e ε , o erro aleatório. O *t*_{1/2}, que reflete o tempo necessário para atingir metade da saturação de C-CO₂, foi calculado a partir da equação: *t*_{1/2} = -b/c.

- Cálculo do CO₂ evoluído:

O CO₂ é igual a C-CO₂ mg/100 cm³ de solo, durante o intervalo de tempo utilizado no monitoramento da amostra e foi calculado utilizando a fórmula abaixo:

$$C\text{-CO}_2 \text{ (mg)} = (B-V) \times M \times 6 \times (v1/v2)$$

em que

B = Volume do HCl no branco (mL);

V = volume de HCl gasto na amostra (mL);

M = molaridade do HCl (mol.L⁻¹);

6 = peso equivalente do carbono;

v1 = volume total de NaOH usado na captura do CO₂ (mL); e

v2 = volume de NaOH usado na titulação (mL).

A quantidade total de C-CO₂ produzido é igual ao somatório dos valores obtidos durante cada amostragem.

2.3. Mineralização líquida de nitrogênio

Para este ensaio foram utilizados os mesmos materiais orgânicos empregados para o ensaio de respirometria, assim como o solo. Uma massa de cada material orgânico, equivalente a 2 g de carbono, foi misturada a 100 cm³ de solo (Tabela 2) e acondicionada em potes plásticos de 250 mL, em laboratório. Paralelamente, foram acondicionadas amostras de solo sem adição do material orgânico, para possibilitar a avaliação do efeito do material sobre a mineralização de N do solo. Também foram acondicionadas amostras de solo sem incubação e sem adição de resíduo vegetal, as quais consistiram no tempo zero. Os tratamentos foram dispostos em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições. A umidade do solo foi elevada a 80% de sua capacidade de campo. A avaliação da mineralização de nitrogênio foi realizada por meio de amostragens semanais de nitrogênio amoniacal (N-NH₄⁺, KEMPERS; ZWEERS, 1986) e nítrico (N-NO₃⁻, YANG *et al.*, 1998), determinados colorimetricamente por um período de sete semanas.

A mineralização líquida, a cada sete dias, foi calculada pela variação entre os teores iniciais (da primeira leitura) e finais de N inorgânico (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻).

3. Resultados e discussão

3.1 Evolução de CO₂

Os valores da evolução de C-CO₂ após 24, 48, 72, 168, 264, 360, 456 e 552 horas estão apresentados na Tabela 3 e na Figura 2. Na Tabela 4 encontra-se a estimativa dos parâmetros (a, b e c) da equação logística de evolução de CO₂ e do tempo de meia vida (t1/2) para adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada.

Tabela 3 – Evolução de C-CO₂ (mg) dos adubos verdes ao longo de 552 horas, nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada

Adubo Verde	Período de Incubação (horas)							
	24	48	72	168	264	360	456	552
Araponga (mg C-CO ₂)								
<i>C. spectabilis</i>	39,38a	71,30Aa	106,51Ab	148,01Ac	203,20Ad	232,62Ad	270,82Ae	291,16Ae
<i>L. purpureus</i>	38,87a	73,92Ab	109,57Ac	150,47Ad	203,32Ae	232,15Ae	267,53Af	283,97Af
<i>C. cajan</i>	44,81a	86,74Ab	120,94Ac	159,81Ad	207,62Ae	234,34Aef	265,27Afg	290,29Ag
Espontâneas	17,48a	19,10Ba	24,53Ba	35,39Bab	58,01Bbc	77,11Bcd	93,28Bd	104,90Bd
Pedra Dourada (mg C-CO ₂)								
<i>C. spectabilis</i>	44,10a	88,08Ab	124,59Ac	169,40ABd	224,47ABe	253,30Ae	289,74Af	314,64Af
<i>L. purpureus</i>	37,26a	76,89Ab	115,42Ac	159,21Bd	214,76Be	251,67Af	289,87Afg	316,28Ag
<i>C. cajan</i>	48,88a	102,35Ab	141,39Ac	186,97Ad	143,45Ae	272,04Aef	303,21Afg	324,44Ag
Espontâneas	17,31a	26,99Bab	35,81Bab	50,16Cbc	78,75Ccd	94,80Bde	111,67Be	124,06Be

Letras maiúsculas referem-se a comparações entre diferentes espécies no mesmo local e no mesmo tempo; letras minúsculas referem-se a comparações entre valores da espécie em diferentes tempos.

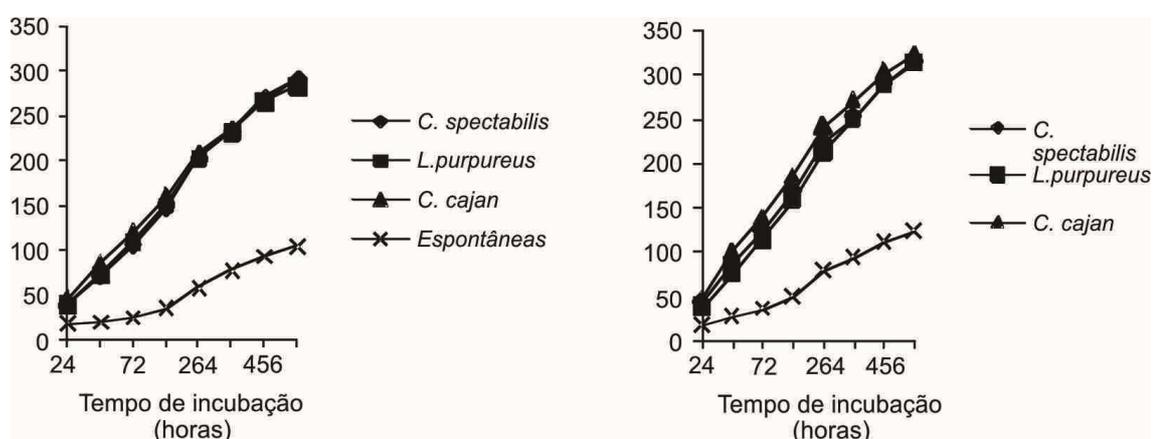


Figura 2 – Evolução de C-CO₂ de adubos verdes nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada, respectivamente.

Tabela 4 – Estimativa dos parâmetros (a, b e c) da equação logística de evolução de CO₂ e do tempo de meia vida (t_{1/2}) para adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada

Adubo Verde	a (mg C-CO ₂)	b	c (hora ⁻¹)	R ²	t _{1/2}
Araponga					
<i>C. spectabilis</i>	582,31	-2,34	0,0229	0,9692	102,18
<i>L. purpureus</i>	567,91	-2,25	0,0218	0,9763	103,21
<i>C. cajan</i>	580,56	-2,05	0,0213	0,9796	96,24
Espontâneas	106,12	-8,78	0,0132	0,8596	665,15
Pedra Dourada					
<i>C. spectabilis</i>	629,26	-2,36	0,0232	0,9785	101,72
<i>L. purpureus</i>	632,55	-2,57	0,0239	0,9702	101,72
<i>C. cajan</i>	648,87	-2,31	0,0236	0,8606	97,88
Espontâneas	124,06	-10,35	0,0140	0,9221	739,29

Em todas as avaliações, nas duas localidades, *C. cajan* apresentou os maiores teores de C-CO₂ (mg) e as espontâneas os menores, exceção em Araponga, onde aos 456 e 556 dias e em Pedra Dourada aos 264 dias *C. spectabilis* apresentou os maiores valores. Em Araponga, aos 552 dias o valor de C-CO₂ acumulado para *C. spectabilis* foi de 291,16 mg e para as espontâneas 104,90 mg. Em Pedra Dourada, aos 552 dias, o valor de C-CO₂ acumulado para *C. cajan* foi de 324,44 mg e de espontâneas 124,06 mg.

A síntese da análise de variância e o coeficiente de variação encontram-se no Anexo A (Tabela 5A). Houve efeito significativo ($p < 0,01$) para adubo verde, local, tempo e a interação adubo verde \times local. Em Araponga não foi observada diferença entre os valores de liberação de CO₂ de *C. spectabilis*, *L. purpureus* e *C. cajan* em todas as semanas, porém estes valores foram superiores aos das espontâneas, ao longo de todo o período de incubação.

Em Pedra Dourada apenas na quarta (168 horas) e na quinta (264 horas) avaliações, os valores encontrados para *L. purpureus* foram menores que os de *C. spectabilis*. Nas outras leituras, todos os valores encontrados não tiveram diferença entre estes três adubos verdes, porém, assim como em Araponga, estes valores foram superiores aos das espontâneas, ao longo de todo o período de incubação. Na última avaliação, os valores de C-CO₂ acumulados em Araponga foram inferiores aos de Pedra Dourada. Durante o período de avaliação houve algumas variações, mas, no geral, Araponga apresentou menores valores.

Todos os teores de C-CO₂ acumulados começam a se diferenciar ($p < 0,05$) nas avaliações de 48 e 72 horas e começam a se estabilizar a partir 360 ou 456 horas.

As espontâneas de Araponga possuem maiores teores de hemiceluloso (HM), menor valor da relação carbono/fósforo (C/P) e maiores das relações C/N (nitrogênio), lignina/N (LG/N), polifenóis/N (PP/N) e LG+PP/N (Tabela 5). C/N é $>$ que 18 e LG/N é $>$ 5, o que, segundo Praveen-Kumar *et al.* (2003), significa materiais de moderada taxa de decomposição. Então, as composições químicas e bioquímicas explicam os menores teores de C-CO₂, ou seja, menor decomposição do material orgânico pelos organismos. Este comportamento está de acordo com Monteiro (2000), onde as gramíneas, espécies que predominam no conjunto de espontâneas encontradas em Araponga, caracterizam-se pela elevada relação C/N e pela menor taxa de decomposição. O contrário é observado para a composição bioquímica das leguminosas, que apresentaram C/N $<$ 18 e LG/N $<$ 5, significando, então, materiais de maior taxa de decomposição, coerente com os maiores teores de C-CO₂ acumulados para *C. spectabilis*, *L. purpureus* e *C. cajan*. As espontâneas de Pedra Dourada apresentaram C/N ligeiramente superior a 18 e LG/N ligeiramente inferior a 5, portanto, não poderia prever com base nestes dados e nos limites estabelecidos por Praveen-Kumar *et al.* (2003) a facilidade ou não de sua decomposição. As relações (LG+PP)/N, PP/N, LG/N e C/N foram maiores para as espontâneas de Araponga e Pedra Dourada do que as leguminosas e estas relações podem, então, explicar a menor taxa de decomposição das espontâneas, ou seja menores teores de C-CO₂ acumulado (Tabela 3). Entretanto, em condições de campo estes resultados não se reproduziram, pois as taxas de decomposição, utilizando sacolinhas de lambri (*litter bag*, Capítulo 2) para as espontâneas de Pedra Dourada foram superiores a todos os demais adubos verdes. Observa-se, porém, a maior relação C/P para as espontâneas de Pedra Dourada (187,93, Tabela 5). Considerando-se que o teor de P no solo utilizado para a incubação era extremamente baixo (0,5 mg/dm³) e que no campo realizou-se adubação fosfatada, pode-se explicar, então, com base na relação C/P, o comportamento diferenciado no campo e em condições controladas. Mendonça e Stott (2003) também encontraram a relação C/P como um fator limitante à decomposição de alguns materiais vegetais. Segundo estes autores, os microrganismos responsáveis pela decomposição do material gastam grande quantidade de energia para adquirir nutrientes, como o P, necessários para produzir ligninocelulases, em vez de decompor o material em questão para obter C.

Tabela 5 – Composição bioquímica da parte aérea dos adubos verdes nas propriedades de Araponga e Pedra Dourada

Adubo verde	HM	CL	LG	PP	C/P	C/N	LG/N	LG/PP	PP/N	(LG+PP)/N
%										
Araponga										
<i>C. spectabilis</i>	11,65	38,47	6,77	0,99	190,88	17,45	2,40	6,81	0,35	2,75
<i>L. purpureus</i>	18,10	26,65	6,75	1,62	142,88	13,28	1,95	4,16	0,47	2,42
<i>C. cajan</i>	19,92	26,65	10,77	1,39	165,59	12,96	2,55	7,77	0,33	2,88
Espontâneas	20,92	29,54	9,27	1,31	70,45	24,26	4,85	7,10	0,68	5,53
Pedra Dourada										
<i>C. spectabilis</i>	9,98	32,26	4,56	0,85	152,84	15,06	1,28	5,33	0,24	1,52
<i>L. purpureus</i>	19,50	28,92	6,38	1,06	142,61	13,05	1,82	6,03	0,30	2,12
<i>C. cajan</i>	18,69	24,40	10,39	0,98	128,85	10,78	2,27	10,51	0,22	2,49
Espontâneas	9,91	36,11	12,38	1,59	187,93	18,64	5,16	7,81	0,66	5,82

HM = hemicelulose; CL = celulose; LG = lignina; fósforo; N = Nitrogênio; e PP = polifenóis totais solúveis. Os dados de P e N para os cálculos aqui apresentados encontram-se no Capítulo 2 (Tabela 3).

Quanto ao local, as diferenças se devem à qualidade, embora relativamente pequena, entre os materiais provenientes de Pedra Dourada e Araponga (Tabela 5). Diferentes condições climáticas e edáficas propiciam respostas distintas das leguminosas quanto à adaptação, produção de biomassa, capacidade de fixação de N e imobilização de nutrientes, alterando, em consequência, a velocidade de decomposição e de liberação de nutrientes.

Os coeficientes de correlação entre a evolução de C-CO₂ e a composição bioquímica encontram-se na Tabela 6. Foram encontradas correlações significativas ($p < 0,05$) somente para a relação lignina/polifenol em todo o período de avaliação, com valores de 0,67 em 24 horas e 0,65 em 552 horas.

Tabela 6 – Coeficientes de correlação entre a quantidade de C-CO₂ acumulado e a composição química e bioquímica de adubos verdes

Tempo (Horas)	C-CO ₂ Acumulado									
	HM	CL	LG	PP	C/P	C/N	LG/N	LG/PP	PP/N	(LG+PP)/N
24	-0,23	0,08	0,37	-0,36	0,04	0,10	0,16	0,67*	-0,18	0,13
48	-0,25	0,08	0,42	-0,37	0,03	0,08	0,20	0,73*	-0,17	0,17
72	-0,29	0,15	0,44	-0,34	0,05	0,16	0,27	0,71*	-0,09	0,23
168	-0,32	0,19	0,42	-0,34	0,05	0,20	0,29	0,70*	-0,07	0,25
264	-0,34	0,24	0,41	-0,34	0,06	0,23	0,31	0,69*	-0,05	0,27
360	-0,37	0,26	0,43	-0,31	0,08	0,25	0,34	0,68*	-0,01	0,30
456	-0,39	0,30	0,42	-0,31	0,09	0,28	0,35	0,66*	0,007	0,32
552	-0,41	0,31	0,43	-0,30	0,12	0,27	0,35	0,65*	0,002	0,31

HM = hemicelulose; CL = celulose; LG = lignina; N = Nitrogênio e PP = polifenóis; e * significativo a 5% de probabilidade.

3.2 Mineralização de N

A mineralização (valores positivos) e a imobilização (valores negativos) de N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$), durante sete semanas de avaliação e o total de N mineralizado, encontram-se na Tabela 7 (a síntese da análise de variância encontra-se no Anexo A, Tabela 6A). Em Araponga, os valores de $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ na primeira semana variaram entre 1,29 mg/kg (espontânea) a 12,37 mg/kg (*C. cajan*). Em Pedra Dourada, os valores variaram entre 3,29 mg/kg (espontâneas) e 16,03 mg/kg (*C. spectabilis*). Para o total de N mineralizado, em Araponga os valores encontram-se entre 40,66 mg/kg (espontâneas) e 147,32 mg/kg (*C. cajan*), e em Pedra Dourada, entre 99,84 (espontâneas) e 196,34 mg/kg (*C. cajan*). Houve imobilização (valores negativos) na terceira, na quinta, na sexta e sétima semanas. A síntese da análise de variância e o coeficiente de variação para primeira semana e para a quantidade total de N mineralizado, ao final de sete semanas, encontram-se na Tabela 3A, do Anexo A. Para a primeira semana de avaliação, houve efeito significativo ($p < 0,01$) para adubo, local e adubo \times local.

Tabela 7 – Mineralização e imobilização de $\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ de resíduos de adubos verdes provenientes de Araponga e Pedra Dourada, no período de sete semanas

Adubo Verde	Período de Incubação (Semanas)							Total de N Mineralizado
	1ª	2ª	3ª	4ª	5ª	6ª	7ª	
$\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$ (mg/kg)								
Araponga								
<i>C. spectabilis</i>	2,57Bb	12,69	-4,57	12,32	0,19	-20,08	-0,08	91,36b
<i>L. purpureus</i>	2,74Bb	10,87	-5,13	17,70	-3,66	-20,29	1,66	87,42b
<i>C. cajan</i>	12,37Aa	5,97	4,60	10,21	1,11	-25,60	2,93	147,32a
Espontâneas	1,29Ab	0,45	0,25	0,17	19,21	-17,79	0,96	40,66c
Pedra Dourada								
<i>C. spectabilis</i>	16,03Aa	9,58	-3,95	13,68	0,42	-28,29	1,78	166,79b
<i>L. purpureus</i>	6,45Ab	4,55	2,43	8,11	-1,20	7,20	0,69	138,03b
<i>C. cajan</i>	9,04Ab	18,87	8,65	11,67	-8,29	-30,27	2,42	193,34a
Espontâneas	3,29Ac	7,12	-5,44	12,70	-3,16	3,16	2,42	99,84c

Letras maiúsculas representam comparações entre a mesma espécie em diferentes locais; letras minúsculas representam diferentes espécies no mesmo local.

Em Araponga, na primeira semana, os valores de N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) foram iguais entre *C. spectabilis* (2,57 mg/kg), *L. purpureus* (2,74 mg/kg) e espontâneas (1,29 mg/kg), e *C. cajan* apresentou o maior valor (12,37 mg/kg), fato este que pode ser atribuído aos valores iniciais da composição química deste adubo verde (Tabela 3, Capítulo 2), cujo N igual a 108,66 kg/ha, foi superior a todos os outros adubos verdes.

Em Pedra Dourada, na primeira semana, o valor de N para *C. spectabilis* (16,03 mg/kg) foi o maior em relação aos demais adubos verdes. Os valores encontrados para *L. purpureus* e *C. cajan* não diferiram entre si (6,45 e 9,04 mg/kg, respectivamente), e foram maiores ao encontrado para espontâneas (3,29 mg/kg).

Comparando as duas propriedades ao final da primeira semana, em Pedra Dourada os valores de mineralização de *C. spectabilis* e *L. purpureus* foram superiores a aos valores de Araponga. Para *C. cajan* e espontâneas não houve diferença entre as duas localidades. Matos (2005), estudando outros adubos verdes nos mesmos locais do presente estudo, não encontrou diferença na mineralização de N dos adubos verdes entre os dois locais.

Para a quantidade total de N mineralizado, houve efeito significativo ($p < 0,01$) para adubo verde e local. Em Araponga, o maior valor foi observado para *C. cajan* (147,32 mg/kg), seguido de *C. spectabilis* (91,36 mg/kg) e *L. purpureus* (87,42 mg/kg), que não diferiram entre si. O menor valor foi encontrado para as espontâneas (40,66 mg/kg). Em Pedra Dourada, o maior valor também foi observado para *C. cajan* (196,34 mg/kg) também seguido de *C. spectabilis* (166,79 mg/kg) e *L. purpureus* (138,03 mg/kg), que não diferiram entre si. O menor valor também foi encontrado para as espontâneas (99,84 mg/kg). Os valores de mineralização para *C. cajan* encontrados neste estudo foram muito superiores ao encontrado por Palm e Sanchez (1991, 18,74 mg/kg de N).

Comparando as duas propriedades com a quantidade total de N mineralizado foi superior para todos os adubos verdes, em Pedra Dourada; resultados semelhantes para os dados encontrados para as espécies estudadas por Matos (2005). Este fato pode ser atribuído às diferenças edafoclimáticas, visto que a composição química Tabela 3, do Capítulo 2) e bioquímica (Tabela 5), presentes nas partes aéreas desses materiais, não explicam estas diferenças.

Embora tenha havido valores negativos, especialmente na sexta semana (Araponga), houve predomínio de mineralização, fato este esperado para valores de relação C/N (Tabela 5) menor que 20 (FRANKENBERGER; ABDELMAGID, 1985), que foi o encontrado para a maioria dos adubos aqui estudados.

Na avaliação dos coeficientes de correlação (Tabela 8), na primeira semana foram observadas correlações negativas ($p < 0,05$) para PP/N (-0,72) e ($p < 0,1$) para PP (-0,52), C/N (-0,55), LG/N (-0,58) e (LG+PP)/N (-0,61). De acordo com Zingore *et al.*

Tabela 8 – Coeficientes de correlação entre os valores de N ($\text{NO}_3+\text{NH}_4^-$) e a composição bioquímica de adubos verdes, ao longo de sete semanas

N ($\text{NO}_3+\text{NH}_4^-$)	HM	CL	LG	PP	C/P	C/N	LG/N	LG/PP	PP/N	(LG+PP)/N
1ª semana	-0,29	-0,24	-0,23	-0,52 ⁰	0,19	-0,55 ⁰	-0,58 ⁰	0,09	-0,72*	-0,61 ⁰
2ª semana	-0,29	-0,22	-0,18	-0,54 ⁰	0,34	-0,74*	-0,66 ⁰	0,29	-0,83**	-0,69 ⁰
3ª semana	0,08	-0,49	0,01	-0,55 ⁰	0,09	-0,76*	-0,58 ⁰	0,54 ⁰	-0,83**	-0,61 ⁰
4ª semana	-0,11	-0,38	-0,06	-0,41	0,33	-0,86**	-0,66*	0,34	-0,83**	-0,60*
5ª semana	0,09	-0,49	-0,11	-0,56 ⁰	-0,07	-0,57 ⁰	-0,58 ⁰	0,38	-0,76*	-0,60 ⁰
6ª semana	-0,02	0,01	0,09	-0,10	0,21	-0,27	-0,01	0,12	-0,14	-0,02
7ª semana	-0,002	-0,05	0,14	-0,07	0,20	-0,32	-0,01	0,15	-0,16	-0,03

Valores significativos a ** 1, * 5 e ⁰ 10% de probabilidade.

(2003), baixos valores de relação C/N, LG/N e (LG+PP)/N favorecem a mineralização no momento inicial. Nas demais semanas de incubação foram observadas correlações negativas para PP ($p < 0,1$) nas segunda, terceira e quinta semanas; para C/N e LG/N ($p < 0,1$) até a quinta semana; para LG/PP ($p < 0,1$) na terceira semana; para PP/N ($p < 0,05$) até a quinta semana; e para (LG+PP)/N ($p < 0,1$) até a quinta semana. Na primeira semana, a correlação negativa com PP favorece a mineralização, pois são minimizadas as ligações de polifenóis a carboidratos e proteínas, indisponibilizando o N do material vegetal (HANDLEY, 1961; NORTHUP, 1995). As altas correlações entre os valores de polifenóis/N ($p < 0,01$) e N mineralizado nas cinco primeiras semanas confirmam este resultado. Portanto, a maior taxa de mineralização de N para *C. cajan* e menor para espontâneas em ambas as localidades talvez possam ser explicadas pela baixa C/N do *C. cajan* e maiores C/N, LG/N, (LG+PP)/N, PP/N e maiores teores de PP nas espontâneas. Talvez a menor taxa de mineralização para todos os adubos verdes em Araponga possa ser explicada para as leguminosas pelas maiores C/N, LG/N, (LG+PP)/N, PP/N e maiores teores de PP. Para todas as espontâneas, todas estas relações foram muito similares nas duas localidades, exceto C/N, o que estaria então explicando os resultados.

4. Considerações finais

Os maiores valores de mineralização de N e C foram observados para *C. cajan* podem ser atribuídos à composição química, em especial, para N da matéria seca.

A mineralização de C é influenciada pela relação LG/PP, e a mineralização de N é influenciada pelo teor de polifenóis e pelas relações C/N, LG/N, PP/N e (LG+PP)/N.

O comportamento das plantas espontâneas foi distinto das leguminosas, mas de relevância em médio prazo, em um sistema agroecológico que valorize a diversidade e o incremento da ciclagem de nutrientes.

Tanto em condições edafoclimáticas distintas como semelhantes pode haver diferença no comportamento dos adubos verdes para mineralização de C e N e consequente liberação potencial de N para a cultura em questão. Sendo assim, é de extrema importância a presença de diferentes espécies em um sistema de produção com potencial diferenciado de liberação de nutrientes.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS GERAIS

Em sistemas agroecológicos de produção, o uso de tecnologias apropriadas e adaptadas a cada local é de grande importância, a fim de garantir maior sustentabilidade socioeconômica e ambiental. Para isto, um conjunto de fatores precisa ser considerado, dentre eles o resgate de práticas tradicionais de manejo do ambiente e o incremento da ciclagem de nutrientes, visando aumento da produtividade do agroecossistema e melhor convivência em diferentes condições, tentando garantir a autonomia e qualidade de vida do campesino.

Sendo assim, o estudo em questão reforça o valor da utilização de leguminosas e plantas espontâneas, a partir da observação de comportamentos diferenciados destas espécies em cada local, tanto no que diz respeito à composição do material vegetal, quanto à decomposição e o potencial de fornecimento de nutrientes para o sistema agrícola.

A escolha e o aproveitamento das espécies a serem utilizadas devem estar associados tanto aos estudos acadêmicos quanto ao conhecimento do agricultor, a fim de otimizar as potencialidades dessas espécies, assim como viabilizar o sincronismo à cultura principal e aos interesses do grupo em questão, minimizando os gastos de energia, capital e recursos naturais disponíveis, com a promoção da agroecologia e a mudança de paradigma em busca da sustentabilidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária, p. 592, 2002.

ALTIERI, M. Linking ecologists and traditional farmers in the search for sustainable agriculture. **Front. Ecol. Environ.**, v. 2, p. 35-42. 2004.

ALTIERI, M.; NICHOLLS, C. I. **Teoría y práctica para una agricultura sustentable**. México, 2000. 257 p.

ALTIERI, M. **Agroecology**: The scientific basis of alternative agriculture. Boulder, CO: Westview Press, 1987.

BECKER, M.; LADHA, J. K.; OTTOW, J. C. G. Nitrogen losses and lowland rice yield as affected by residue N release. **Soil Science Soc. of Amer. Journal**, Madison, v. 58, n. 6, p. 1660-1665, 1994.

CABRERA, M. L.; KISSEL, D. E.; VIGIL, M. F. Nitrogen mineralization from organic residues: research opportunities. **J. Environm. Qual.**, v. 34, p. 75-79, 2005

CALEGARI, A.; MONDARDO, A.; BULISANI, E. A.; WILDNER, L. do P.; COSTA, M. B. B. da; ALCÂNTARA, P. B.; MIYSAKA, S.; AMADO, J. T. **Adubação verde no sul do Brasil**. COSTA, M. B. B. da. (Coord.). 2. ed. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1992. 346 p

CARDOSO, I. M.; GUIJT, I. M.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA-NETO, P. S. Continual learning for agroforestry system design: university, NGO, and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil. **Agricultural System**, n. 69, p. 235-257, 2001.

CHAPMAN, K.; WHITTAKER, J. B.; HEAL, O. W. Metabolic and faunal activity in litters of tree mixtures compared with pure stands. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 24, p. 33-40, 1988.

CLAWSON, D. L. Harvest security and intraspecific diversity in traditional tropical agriculture. **Econ. Bot.**, v. 39, p. 56-67, 1985.

COBO, J. G.; BARRIOS, E.; KASS, D. C. L.; THOMAS, R. Nitrogen mineralization and crop uptake from surface-applied leaves of green manure species on a tropical volcanic-ash soil. **Biol. Fertil. Soils**, v. 36, p. 87-92, 2002.

CONSTANTINIDES, M.; FOWNES, J. H. Nitrogen mineralization from leaves and litter of tropical plants: relationship to nitrogen, lignin and soluble polyphenol concentrations. **Soil Biol. Biochem.**, v. 26, n. 1, p. 49-55, 1994.

CORBEELS, M.; HOFMAN, G.; van CLEEMPUT, O. Simulation of net N immobilization and mineralisation in substrate-amended soils by the NCSOIL computer model. **Biol. Fert. Soils**, v. 28, p. 422-430, 1999.

CENTRO DE TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS DA ZONA DA MATA (CTA/ZM). **Plano Estratégico para o café agroecológico produzido por agricultores familiares da Zona da Mata do Estado de Minas Gerais** – Projeto Sustentabilidade Econômica com base na valorização da biodiversidade em sistemas agrícolas familiares. Viçosa-MG: CTA/ZM, 2002.

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

FAVERO, C. **Potencial de plantas espontâneas e de leguminosas para adubação verde**. 1998. 81 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1998.

FERRARI, E. A. Desenvolvimento da agricultura familiar: a experiência do CTA-ZM. In: ALVARES, V. H.; FONTES, L. E. F.; FONTES, M. P. F. (Ed.). **O solo nos grandes domínios morfoclimáticos do Brasil e o desenvolvimento sustentado**. JARD: Viçosa-MG, 1996. p. 233-250.

FIELD, C. B.; CHAPIN III, F. S.; MATSON, P. A.; MOONEY, H. A. Responses of terrestrial ecosystems to the changing atmosphere: a resource-based approach. **Annu. Rev. Ecol. Syst.**, v. 23, p. 201-235, 1992.

FRANKENBERGER, W. T.; ABDELMAGID, H. M. Kinetic parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil. **Plant and Soil**, v. 87, p. 257-271, 1985.

FRIEBEN, B. Organic farming as a sustainable system-biodiversity in fields. In: EL MASSAN, N.; PROCHNOW, B. (Ed.). **Sustainable agriculture for food, energy and industry**. Vol. 1, Braunschweig: James & James Ltd., 1998. p. 603-608.

GARRET, C. J.; CROSSLEY, D. A. JR.; COLEMAN, D. C.; HENDRIX, P. F.; KISSELLE, K. W.; POTTER, R. L. Impact of the rhizosphere on soil microarthropods in agroecosystems on the Georgia Piedmont. **Appl. Soil Ecol.**, v. 16, p. 141-148, 2001.

GIACOMINI, S. J.; AITA, C.; RHEINHEIMER, D. S.; NICOLOSO, R. S.; VENDRUSCOLO, E. R.; MARQUES, M. G.; FRIES, M. R. Consorciação de plantas de cobertura: I. Produção e composição da fitomassa. In: FERTBIO, 25., 2000. Santa Maria-RS. **Anais...** Santa Maria-RS: SBCS, 2000. CDROM.

GLIESSMAN, S. R.; GARCIA, E. R.; AMADOR, A. M. The ecological basis for the application of traditional agricultural technology in the management of tropical agroecosystems. **Agro-Ecosystems**, v. 7, p. 173-185, 1981.

GOLFARI, L. **Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Belo Horizonte-MG: CPFRC, 1975. (Série Técnica, 3).

GOMES, S. T. **Condicionantes da modernização do pequeno agricultor**. 1986. Tese (Doutorado) – Faculdade de Economia e Administração – Universidade de São Paulo, São Paulo-SP, 1986.

GÚZMAN, E. S. A perspectiva sociológica em Agroecologia: uma sistematização de seus métodos e técnicas. **Agroecol. e Desenv. Rur. Sustent.**, Porto Alegre-RS, v. 3, n. 1, jan./mar. 2002.

HADAS, A.; KAUTSKY, L.; GOEK, M.; KARA, E. E. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. **Soil Biol. Biochem.**, v. 36, p. 255-266, 2004.

HANDAYANTO, E.; CADISH, G.; GILLER, K. E. Manipulation of quality and mineralization of tropical legume tree pruning's by varying nitrogen supply. **Plant and Soil, Netherlands**, v. 176, n. 1, p. 149-160, 1995.

HANDLEY, W. R. C. Further evidence for the importance of residual leaf protein complexes in litter decomposition and the supply of nitrogen for plant growth. **Plant and Soil**, v. 15, p. 37-73, 1961.

HASLAM, E. **Plant polyphenols**: vegetable tannins revisited. Cambridge: Cambridge University Press, 1989. p. 230.

HÄTTENSCHWILER, S.; VITOUSEK, P. The role of polyphenols in terrestrial ecosystem nutrient cycling. **Tree**, v. 15, n. 6, jun. 2000.

HILLOCKS, R. J. The potential benefits of weeds with reference to small holder agriculture in Africa. **Integrated Pest Management Reviews**, v. 3, p. 155-167, 1998.

KLEE, G. A. **World systems of traditional resource management**. New York: John Wiley & Sons, 1980.

KORICHEVA, J.; MULDER, C. P. H.; SCHMID, B.; JOSHI, J.; HUSS-DANEL, K. Numerical responses of different trophic groups of invertebrates to manipulations of plant diversity in grasslands. **Oecologia**, v. 125, p. 271-282, 2000.

MAFONGOYA, P. L.; GILLER, K. E.; PALM C. A. Decomposition and nitrogen release patterns of tree prunings and litter. **Agroforestry Systems**, v. 38, p. 77-97, 1998.

MARSTORP, H. Interactions in the microbial use of soluble plant components in soil. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin Germany, v. 22, n. 1, p. 45-52, 1996.

MATOS, E. S. **Ciclagem de nutrientes por leguminosas herbáceas em cafezais orgânicos**. 2005. 70 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 2005.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: Métodos de análises**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2005. 107 p.

MENDONÇA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**, v. 57, p. 117-125, 2003.

MILLAR, N.; BAGGS, E. M. Chemical composition, or quality, of agroforestry residues influences N₂O emissions after their addition to soil. **Soil Biol. Biochem.**, v. 36, p. 935-943, 2004.

MIYAZAWA, K.; TSUJI, H.; YAMAGATA, M.; NAKANO, H.; NAKAMOTO, T. Response of weed flora to combinations of reduced tillage, biocide application and fertilization practices in a 3-year crop rotation. **Weed Biology and Management**, v. 4, p. 24-34, 2004.

MONTEIRO, H. C. F.; CANTARUTTI, R. B.; NASCIMENTO JUNIOR, D.; REGAZZI, A. J.; FONSECA, D. M. Dinâmica de decomposição e mineralização de nitrogênio em

função da qualidade de resíduos de gramíneas e leguminosas forrageiras. **R. bras. Zootec.**, v. 31, n. 3, p.1092-1102, 2002.

MYERS, R. J. K.; PALM, C. A.; CUEVAS, E.; GUNATILLAKE, I. U. N.; BRUSSARD, M. The synchronization of nutrient mineralization and plant nutrient demand. In: WOOMER, P. L.; SWIFT, M. J. (Ed.). **The biological management of tropical soil fertility**. Chichester: Wiley, 1994. p. 81-116.

SOUSA, H. N.; CARDOSO, I.; BONFIM, V. R.; SOUTO, R. L.; CARVALHO, A. F.; OLIVEIRA, G. B.; FEITAL, D. G. Sistematização de experimentação participativa com sistemas agroflorestais. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS, 5., 2004. Curitiba-PR. **Anais...** Curitiba-PR, 2004.

NORTHUP, R. R. Polyphenol control of nitrogen release from pine litter. **Nature**, v. 377, p. 227-229, 1995.

PALM, C. A.; SÁNCHEZ, P. A. Nitrogen release from the leaves of some tropical legumes as affected by their lignin and polyphenolic contents. **Soil Biochem.**, v. 23, p. 83-88, 1991.

PAUL, E. A.; CLARK, F. E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, Cap. 7, 1998.

SANTRUCKOVA, H.; STRASKRABA, M. On the relationship between specific respiration activity and microbial biomass in soils. **Soil Biol. Biochem.**, v. 23, n. 6, p. 525-532, 1991.

SIEMANN, E. Experimental tests of effects of plant productivity and diversity on grassland arthropod diversity. **Ecology**, v. 79, p. 2057-2070, 1998.

THOMAS, R. J.; ASAKAWA, N. M. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. **Soil Biol. Biochem.**, Great Britain, v. 25, n. 10, p. 1351-1361, 1993.

TOLEDO, V. M. La ecología del modo campesino de producción. **Antropología y Marxismo**, v. 3, p. 35-55, 1982.

TRINSOUTROT, I.; RECOUS, S.; BENTZ, B.; LINÈRES, M.; CHÈNEBY, D.; NICOLARDOT, B. Biochemical quality of crop residues and carbon and nitrogen mineralization kinetics under nonlimiting nitrogen conditions. **Soil Sci. Soc. of Am. Journal**, v. 64, p. 918-926, 2000.

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

VIGIL, M. F.; KISSEL, D. E. Equations for estimating the amount of nitrogen mineralized from crop residues. **Soil Sci.Soc.Am. J.**, v. 55, p. 757-761, 1991.

VITYAKON, P.; DANGTHAISONG, N. Environmental influences on nitrogen transformation of different quality tree litter under submerged and aerobic conditions. **Agroforestry Systems**, v. 63, p. 225-236, 2005.

WILLIAMS, B. J.; ORTIZ-SOLARIO, C. A. American folk soil taxonomy. **Annals of the Assoc. Amer. Geographers**, v. 71, p. 335-358, 1981.

ZINGORE, S.; MAFONGOYA, P.; NYAMUGAFATA, P.; GILLER, K.E. Nitrogen mineralization and maize yields following application of tree prunings to a sandy soil in Zimbabwe. **Agroforestry Systems**, v. 57, p. 199-211, 2003.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A – Análise de variância da biomassa total produzida por adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada

FV	Biomassa	
	GL	QM
Blocos	3	0,1845955ns
Adubo verde	3	0,5687906**
Local	1	4,176994**
Local x adubo verde	3	1,132230**
Resíduo	21	0,2128073
CV (%)		20,80

ns e * Não significativo e significativo a 1%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 2A – Análise de variância dos teores de nutrientes acumulados na parte aérea de adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada

FV	C		N		P	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	565085,6*	3	2158,669*	3	21,29582**
Local	3	206279,7ns	3	114,6937**	3	5,944888ns
Adubo verde	1	2668736**	1	7029,532**	1	51,29948**
Local x adubo verde	3	234524,4ns	3	563,0412**	3	6,954600ns
Resíduo	21	120759,2	21	597,8869	21	3,914969
CV (%)		27,983		29,379		26,749

FV	K		Ca		Mg	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	434,5866*	3	186,7474ns	3	27,30804*
Local	3	669,4755*	3	58,04482**	3	16,09791ns
Adubo verde	1	41,47760**	1	92,38261ns	1	40,55568**
Local x adubo verde	3	119,6867**	3	32,80063**	3	15,60949ns
Resíduo	21	139,4396	21	65,60776	21	7,983764
CV (%)		25,391		39,661		37,446

ns, * e ** Não significativo, significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo Teste F.

Tabela 3A – Análise de variância da composição química dos adubos verdes em Araponga e Pedra Dourada

FV	C		N		P		K		Ca		Mg	
	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM	GL	QM
Blocos	3	38,55195	3	0,2193740	3	0,3587938. 10 ⁻³ **	3	0,1111429	3	0,5619846.10 ⁻¹	3	0,7620693.10 ⁻²
Adubo verde	3	93,05787**	3	6,796208**	3	0,3551993.10 ⁻¹ **	3	1,488585.10 ⁻¹ **	3	0,2930961**	3	0,2538358.1 ⁻¹ *
Local	1	31,61552*	1	1,305627*	1	0,2364497.10 ⁻¹ **	1	0,1872113.10 ⁻² **	1	0,6562283.10 ⁻² **	1	0,1052258.10 ⁻² **
Local x Adubo verde	3	31,61552	3	0,1602343**	3	0,3197374.10 ⁻² *	3	0,1826387	3	0,2055077.10 ⁻¹ **	3	0,3689169.10 ⁻² **
Resíduo	21	30,45975	21	0,2010892	21	0,1367133.10 ⁻²	21	0,7974345.10 ⁻¹	21	0,4560951.10 ⁻¹	21	0,6133364.10 ⁻²
CV (%)		11,32		13,568		12,508		14,595		25,653		26,316

* e ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste F.

Tabela 4A – Análise de variância da matéria seca e da taxa de decomposição de adubos verdes, ao longo de 240 dias, em Araçá e Pedra Dourada

FV	MS		Taxa de Decomposição	
	GL	QM	GL	QM
Bloco	3	17,23534**	3	375,5438**
Local	1	860,3991**	1	12511,87**
Adubo verde	3	376,2223**	3	1349,147**
Local x adubo verde	3	276,5931**	3	1901,613**
Tempo	4	377,1355**	4	7091,983**
Tempo x local	4	10,33340*	4	135,2132
Adubo verde x tempo	12	19,77412**	12	247,6239**
Adubo verde x tempo x local	12	19,06685**	12	230,2236**
Resíduo	117	3,793173	117	71,85095
CV (%)		14,911		15,023

* e ** Significativo a 5 e 1%, respectivamente, pelo teste Tukey.

Tabela 5A – Análise de variância da evolução de CO₂ dos adubos verdes das propriedades de Araçá e Pedra Dourada

FV	C-CO ₂	
	GL	QM
Bloco	3	1314,977**
Adubo verde	3	237037,3**
Local	1	20299,00**
Tempo	7	207931,6**
Adubo verde x Local	21	46,53080**
Resíduo	189	228,8300
CV (%)		9,9862

** Significativo a 1% pelo Teste F.

Tabela 6A – Análise de variância dos teores de $\text{NO}_3^+ + \text{NH}_4^-$ na primeira semana e do total de N mineralizado nos adubos verdes das propriedades de Araponga e Pedra Dourada

FV	$\text{NO}_3^+ + \text{NH}_4^-$	
	Primeira Semana	
	GL	QM
Bloco	3	7,704591ns
Adubo	3	124,5159**
Local	1	125,2460**
Local x adubo	3	98,23195**
Resíduo	21	6,201943
CV (%)		37,040

FV	Total de N Mineralizado	
	GL	QM
	Bloco	3
Adubo	3	14113,37**
Local	1	27436,49**
Local x aAdubo	3	292,7321ns
Resíduo	21	560,0353
CV (%)		19,563

ns e ** não significativo e significativo a 1%, pelo teste F.