

NANCY AIDÉ CARDONA CASAS

**COBERTURAS DE SOLO PARA O CULTIVO DE HORTALIÇAS  
AGROECOLÓGICAS EM UNIDADES FAMILIARES**

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  
2019

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

C268c  
2019 Cardona Casas, Nancy Aidé, 1986-  
Coberturas de solo para o cultivo de hortaliças  
agroecológicas em unidades familiares / Nancy Aidé Cardona  
Casas. – Viçosa, MG, 2019.  
x, 45f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Irene Maria Cardoso.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Referências bibliográficas: f.41-45.

1. Humus. 2. Agricultura familiar. 3. Alface.  
4. Decomposição. 5. Serapilheira. I. Universidade Federal de  
Viçosa. Departamento de Solos. Programa de Pós-Graduação em  
Solos e Nutrição de Plantas. II. Título.

CDD 22 ed. 631.417

NANCY AIDÉ CARDONA CASAS

**COBERTURAS DE SOLO PARA O CULTIVO DE HORTALIÇAS  
AGROECOLÓGICAS EM UNIDADES FAMILIARES**

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*.

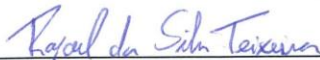
APROVADA: 26 de fevereiro de 2019.



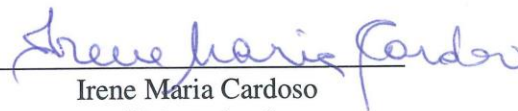
Edivânia Maria G. Duarte



Eduardo de Sá Mendonça



Rafael da Silva Teixeira  
(Coorientador)



Irene Maria Cardoso  
(Orientadora)

Aos agricultores(as) e trabalhadores(as) do campo na América Latina,

Dedico

## AGRADECIMENTOS

Aos brasileiros pela oportunidade de estudo de Pós-Graduação

A Irene por me permitir sonhar e depois me cobrar para realizar meus sonhos. Exemplo de coragem sem igual.

Aos agricultores agroecológicos Maria do Socorro e Zé Carlos por me permitir realizar o experimento em seu sítio, pelo exemplo de tenacidade no trabalho e pela sabedoria compartilhada.

Aos agricultores e coordenadores da Rede Raízes da Mata pela disposição com a pesquisa, por me receber em seus sítios e pelos ensinamentos. A Efigênia pelo alimento de qualidade.

A Rafael Teixeira pela coorientação entusiasta, generosa e compreensiva.

A João Milagres pelo cuidado paternal durante meu trabalho no laboratório.

Ao professor Ivo Ribeiro, técnicos e estudantes do Laboratório de Isótopos Estáveis e do grupo de Estudos em Matéria Orgânica do Solo (GEMOS), pelo suporte, equipamentos e sugestões para minha pesquisa.

A minha mãe por me ensinar o valor da independência, o estudo e os livros e a meu pai por me ensinar o método e as perícias da bicicleta.

Às(os) moradoras(es) de nossa casa comum por me permitir um lar maravilhoso e uma convivência intensa. A Lis em especial pelas longas noites de estudo e reflexão.

Ao Sebas por me permitir SER, pela amorosa paciência e pela cumplicidade.

A minha irmã e ao doutor Juan Fernando Pérez pelo acompanhamento psicológico fundamental para encarar a depressão.

Ao grupo de dança “Micorrizas” e à professora Laura, por me permitir a expressão, a arte e o equilíbrio por meio do corpo durante a intensa atividade mental.

A Renan, pelo respeito e compromisso com o estágio.

Aos técnicos dos laboratórios da UFV, Poliana, Beto, Evandro e Carlinhos pelo paciente acompanhamento durante a realização das análises da minha pesquisa.

À secretaria do programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de plantas e coordenação do curso, professor Raphael Bragança, Carol e Nayan pela logística eficiente e o trato cordial em todos os processos administrativos de meu mestrado.

Aos professores e colegas do programa de pós-graduação em Solos e Nutrição de plantas pelos ensinamentos.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pela bolsa concedida e ao Programa de Excelência Acadêmica (PROEX) pelo apoio financeiro ao projeto.

## RESUMO

CASAS, Nancy Aidé Cardona, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2019. **Coberturas de solo para o cultivo de hortaliças agroecológicas em unidades familiares.** Orientadora: Irene Maria Cardoso. Coorientadores: Rafael da Silva Teixeira e Raphael Bragança Fernandes.

A proteção do solo é fundamental para garantir a reprodução dos sistemas de agricultura familiar de base agroecológica ao longo do tempo. Existem várias fontes de resíduos vegetais nas unidades de produção familiar que podem ser aproveitadas como coberturas para a proteção solo. No entanto, seu uso por parte dos agricultores nem sempre é verificada, além de que há poucos estudos sobre estes materiais. Estudar os resíduos vegetais disponíveis nesses sistemas poderia contribuir para incentivar seu uso como cobertura. Nesse trabalho objetivou-se identificar a percepção dos agricultores em relação à prática de cobertura do solo e identificar e avaliar os resíduos usados ou com potencial de uso como cobertura nas unidades familiares. Especificamente objetivou-se avaliar a decomposição e liberação de nutrientes de quatro tipos de coberturas e seu efeito sobre o solo, a produção de alface e supressão de Tiririca (*Cyperus rotundus* L.). Para tanto, foram feitas entrevistas semiestruturadas e observação das práticas de manejo das coberturas nas propriedades de sete agricultores. Os agricultores conhecem os benefícios das coberturas do solo e aceitam essa prática como importante para o cultivo de hortaliças. No entanto, tem grande dificuldade em priorizar essa prática, pois alegam falta de mão de obra para tal. Existem vários resíduos vegetais com potencial de uso como o lírio do brejo, serapilheira da capoeira e do bambu. Dentre as coberturas mais usadas pelos agricultores está a bananeira. Foi avaliada a liberação de nutrientes de quatro das coberturas identificadas (serapilheira de capoeira e bambu, bananeira e grama), a partir do uso de câmeras de decomposição instaladas na horta de um dos agricultores entrevistados. O conteúdo das câmeras foi coletado aos 5, 15, 30 e 45 dias após a instalação do experimento. Em cada tempo de coleta foram analisados os conteúdos de N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, a taxa de decomposição do material da câmera, o fluxo de CO<sub>2</sub>, o carbono da matéria orgânica particulada e associada aos minerais derivado das coberturas e do solo. Para avaliar a produtividade sob o efeito das coberturas foi medido o diâmetro das plantas de alface, número de folhas, peso da matéria fresca e seca. Foi avaliada também a umidade e temperatura do solo em superfície e a população de Tiririca por meio

de uso de moldura de madeira. Os quatro materiais avaliados podem ser utilizados como cobertura morta, embora apresentem características distintas. A capoeira decompõe mais lentamente, portanto reduz o trabalho para sua reposição nos canteiros. A bananeira disponibilizou mais nutrientes, em especial K e Mg, decompondo mais rapidamente. A bananeira, a capoeira e o bambu apresentaram os maiores fluxos de CO<sub>2</sub>. No tratamento com bananeira esse fluxo derivou principalmente do resíduo e não do solo como no tratamento com bambu. As coberturas não prejudicaram a produção de alface, diminuíram a temperatura (3,97 °C) e aumentaram a umidade (22,6 %) do solo. As coberturas diminuíram o crescimento de Titirica (*Cyperus rotundus* L.) nos canteiros durante o ciclo do cultivo (81,17 % aos 20 dias após plantio) e reduziram a mão-de-obra no seu controle, compensando de alguma forma o gasto de mão-de-obra despendido com o manejo da cobertura. Os agricultores podem, portanto, diversificar e intensificar o uso das coberturas em função da disponibilidade do material na propriedade, da mão de obra e das exigências nutricionais das olerícolas.

## ABSTRACT

CASAS, Nancy Aidé Cardona, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2019. **Soil mulching to plant agroecological vegetables in family properties.** Adviser: Irene Maria Cardoso. Co-advisers: Rafael da Silva Teixeira and Raphael Bragança Alves Fernandes.

Soil protection is fundamental in order to guarantee the long-term production of family agricultural systems that are agroecology-based. There are several sources of vegetable residues on family production properties that can be used as mulch for soil protection. However, its use by farmers is not always verified, and there are few studies about these vegetative materials. To study the vegetal residues available in these systems could contribute to encouraging their use as mulch. The aim of this study was to identify the perception of farmers in relation to soil mulching practices as well as identify and assess the residues used or with potential use as mulch on family properties. Specifically, the aim was to assess the decomposition and nutrient release of four types of mulches and their effects on soil, on the lettuce production, and on the suppression of nutgrass (*Cyperus rotundus* L.). Therefore, semi-structured interviews and observation of the management practices of mulches in seven farmers properties were executed. The farmers know the benefits of soil mulches and accept this practice as important for vegetable production. However, they have great difficulty with prioritizing this practice, due to a proclaimed labor shortage. There are several sources of vegetative residues with potential use such as “lirio do brejo”, the litter of secondary forest and bamboo. Among the most used mulches found during the study was the banana. The release of nutrients from four of the mulches identified was assessed (litter of secondary forest and bamboo, banana and grass), using decomposition cameras installed in the yard of one of the interviewed farmers. The camera’s content was collected at 5, 15, 30 and 45 days after experiment installation. At each time of collection, the contents of N, P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Zn, Mn, the decomposition rate of the material recorded, the CO<sub>2</sub> flux, the particulate, and associated to mineral organic matter carbon, were assessed. To evaluate the productivity under the mulching effect, the lettuce plants’ diameter, number of leaves, and the weight of dry and fresh matter was assessed. The superficial soil moisture and temperature as well as the nutgrass population were all measured using a wooden frame. The four assessed materials can be used as mulch although they all show different features. The litter of the secondary

forest decomposes slower; therefore, it reduces the labor required to replace the mulch on plant beds. The banana residues provided more nutrients, specifically K and Mg, which were decomposing rapidly. The residues of banana, bamboo, and litter of secondary forest showed the greatest fluxes of CO<sub>2</sub>. With the banana treatment, this flux was derived from the residue and not from soil, unlike the bamboo treatment. The mulches did not harm lettuce production; they decreased the soil temperature (3,97 °C) and increased the soil moisture (22,6 %). The mulches decreased the growth of nutgrass (*Cyperus rotundus* L.) on the plant beds over the crop cycle (81,17 % twenty days after planting) and decreased the work spent on its control, somewhat compensating for the work spent on the management of the mulch. The farmers can, therefore, diversify and intensify the use of mulches based on the availability of material in the property, labor, and the nutritional exigencies of the vegetables.

## SUMÁRIO

<b>INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>1</b>
<b>Parte I. RESÍDUOS NAS PROPRIEDADES E PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES.....</b>	<b>6</b>
<b>1. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>6</b>
1.1 Área da pesquisa.....	6
1.2 Identificação dos resíduos e da percepção dos agricultores .....	7
<b>2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>8</b>
2.1 Identificação dos resíduos e da percepção dos agricultores .....	8
<b>3. CONCLUSÃO.....</b>	<b>14</b>
<b>Parte II. AVALIAÇÃO DAS COBERTURAS DO SOLO .....</b>	<b>15</b>
<b>1. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>15</b>
1.1 Área de estudo e coberturas estudadas .....	15
1.2 Decomposição e liberação de nutrientes das coberturas .....	17
1.3 Fluxos de CO <sub>2</sub> e efeito <i>priming</i> .....	19
1.4 Carbono da Matéria Orgânica Particulada e associada aos Minerais.....	21
1.5 Análise dos dados .....	21
<b>2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>22</b>
2.1 Decomposição e liberação de nutrientes .....	22
2.2 Fluxo de CO <sub>2</sub> e efeito <i>priming</i> .....	27
2.3 Carbono da Matéria Orgânica Particulada e associada aos Minerais.....	30
<b>3. CONCLUSÃO.....</b>	<b>32</b>
<b>Parte III. EFEITOS DAS COBERTURAS NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE E NO SOLO .....</b>	<b>33</b>
<b>1. MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>33</b>
1.1 Produtividade de alface .....	33
1.2 População de Tiririca.....	33
1.3 Umidade e temperatura do solo .....	33
1.4 Análise dos dados .....	34
<b>2. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>34</b>

2.1 Produtividade de alface .....	34
2.2. População de Tiririca.....	36
2.3 Umidade e temperatura do solo .....	37
<b>3. CONCLUSÕES.....</b>	<b>39</b>
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	<b>40</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>41</b>

## INTRODUÇÃO GERAL

Na América Latina e Caribe, a agricultura familiar representa 81,3 % das explorações agropecuárias, emprega mais de 50 % de trabalhadores do setor e ocupa apenas 23 % da superfície total utilizada pela agricultura (LEPORATI et al., 2014). A agricultura familiar utiliza a mão de obra da família ou da comunidade rural e há alta produção por unidade de trabalho, o que a caracteriza como intensiva e eficaz na utilização da mão de obra. A produção é baseada em um fluxo de recursos produzidos na própria unidade agrícola através do uso do capital ecológico e com isto consegue manter certa autonomia em relação ao mercado. As terras e meios de produção pertencem à família e a comercialização de seus produtos é feita especialmente em circuitos curtos e descentralizados que articulam produção e o consumo de alimentos em uma escala local ou regional (PLOEG, 2008). A manutenção da família é o objetivo principal da agricultura familiar e as suas necessidades definem as estratégias de produção e reprodução, e indicam ainda as decisões a serem tomadas (WANDERLEY, 2003).

A agricultura familiar dos trópicos normalmente desenvolve seus cultivos em solos altamente intemperizados, com altas taxas de lixiviação de nutrientes, baixa capacidade de troca de cátions, forte retenção de P e altos teores de alumínio trocável (CARDOSO et al., 2018). Para a produção agrícola, sob estas condições, é preciso manter a qualidade do solo através de aportes constantes de matéria orgânica. Os resíduos orgânicos, de forma geral, contribuem com o aporte de nutrientes, com a melhoria da agregação e com a capacidade tampão dos solos. Dentre as muitas fontes de resíduos utilizadas nas unidades de produção familiares, uma das principais é o esterco, que às vezes passa por tratamentos que possibilitam o seu melhor uso, como a compostagem. Outros resíduos, como os de plantas presentes na propriedade são também utilizados, mas em menor intensidade.

Uma forma de aportar o resíduo orgânico vegetal ao solo é por meio do consórcio das culturas com árvores, via manejo da queda de folhas, galhos, flores e frutos. As árvores retiram nutrientes de camadas mais profundas disponibilizando-os para as camadas mais superficiais (CARDOSO et al. 2018). Exemplo disso pode ser verificado na Zona da Mata brasileira, onde árvores de sistemas agroflorestais (SAFs) com cafezal são capazes de manter

maior teor de P disponível para as culturas, influenciando assim a dinâmica deste nutriente pela conversão de parte do P inorgânico em P orgânico, reduzindo-se as perdas para frações não disponíveis (CARDOSO et al., 2003). Nessa mesma região, o aporte de nutrientes ao solo pelas folhas de sete espécies de árvores foi avaliada em SAFs com café. No estudo, o aporte de resíduos pelas espécies (0,32 a 5,6 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>) proporcionou aportes variando de 5 a 112 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de N; 4,1 a 48,6 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de K e 0,2 a 6,8 kg ha<sup>-1</sup>ano<sup>-1</sup> de P (DUARTE, 2011).

O aporte de nutrientes do material proveniente das árvores e a sua contribuição para a formação da matéria orgânica depende da taxa de decomposição desses resíduos. Resíduos de algumas árvores, como por exemplo, *Senna macranthera*, decompõem-se mais rapidamente do que outros, como de *Inga subnuda*. Com isto, espera-se que ocorra aporte mais rápido de nutrientes a partir da decomposição de resíduos de *S. macranthera* e proteção mais prolongada do solo por resíduos de *I. subnuda* (DUARTE et al., 2013).

Além dos resíduos aportados pelas árvores, existem outros resíduos de plantas nas propriedades e que podem ser aproveitados para contribuir com a qualidade do solo. Quatro tipos de misturas de resíduos (palha de café, bananeira picada, cama de frango e esterco de curral) disponíveis e utilizados na produção de café em SAFs nas propriedades de agricultores familiares da Zona da Mata foram capazes de melhorar a fertilidade do solo a partir da segunda aplicação e com o aumento das doses das misturas aplicadas (LIMA et al., 2015). Entretanto, poucos são os dados acerca da disponibilidade destes resíduos vegetais em unidades da agricultura familiar e o efeito do seu uso na qualidade do solo e no aumento da produtividade de hortaliças. Nessa atividade em particular, esses resíduos podem inclusive ser utilizados como cobertura do solo nos canteiros. A cobertura do solo é importante na prática agrícola, tendo sido considerada indicador de qualidade do solo pelos próprios agricultores da região em pesquisa participativa conduzida por Oliveira (2015).

Em geral, as hortaliças são plantadas em canteiros onde o solo e o esterco adicionado como adubo orgânico ficam expostos à radiação solar direta. Esta radiação promove a queda do conteúdo de água e o aumento da temperatura do solo e restringe a atividade microbiana. Os microrganismos são os principais encarregados da ciclagem dos nutrientes por meio da decomposição e mineralização da matéria orgânica, que promove a liberação de nutrientes disponíveis para as plantas. Além disso, a exposição dos esterco leva à perda de N por

volatilização (SOMMER, HUTCHINGS, 2001). Os resíduos possuem ainda papel fundamental na estrutura do solo, pois em sua decomposição são liberadas substâncias aglutinantes e sintetizadas substâncias orgânicas complexas, ambos contribuintes para a formação e estabilidade dos agregados do solo (TISDALL, OADES, 1982; NOBRE et al. 2015).

As coberturas vegetais, vivas ou mortas (ou *mulching*), são utilizadas como estratégia para diminuir a radiação direta sobre o solo, a necessidade de aporte constante de resíduos para incrementar a matéria orgânica do solo, o aporte de nutrientes e o controle de plantas espontâneas nos canteiros. O uso de coberturas mortas na cultura da alface em Seropédica (RJ) ocasionou a redução de 83% da população de plantas espontâneas e incrementou o tamanho e massa fresca de alface (OLIVEIRA et al., 2008). O uso do *mulching* com casca de arroz e bagana de carnaúba no semiárido do Ceará também proporcionou aumento da produção de alface (BRITO et al., 2005). A produção de alface crespa, em Várzea Grande (MT), foi maior nos tratamentos com coberturas de serragem de madeira (50,2%) e palha de milho (44,7%), em relação ao controle, sem cobertura (MACHADO et al., 2008). Por sua vez, o estudo de Santos et al. (2012) mostrou o aumento do tamanho médio do bulbo de cebolas quando cultivadas com cobertura morta de gliricídia e de bambu.

Em quase todos estes estudos, os agricultores precisaram cultivar as plantas utilizadas como cobertura. Isto de alguma forma onera o trabalho, exige áreas de plantio ou compra de material, bem como novos desenhos de plantio das hortaliças. Entretanto, uma alternativa pode ser o uso de outros materiais, como é o caso da serapilheira produzida em áreas de matas e resíduos de árvores isoladas presentes nas unidades de produção. Esse material pode ser facilmente coletado e colocado sobre os canteiros.

Na literatura são poucos os estudos referindo o uso da serapilheira como cobertura morta na produção de hortaliças. Por sua vez, há muitos estudos sobre a decomposição e liberação de nutrientes de serapilheiras em florestas nativas ou plantadas. A liberação de nutrientes da serapilheira e a sua decomposição foram avaliadas em uma floresta na ilha de Marambaia (RJ) durante um ano por Paula et al. (2009). Os autores quantificaram a produção de serapilheira em aproximadamente 11,0 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e o N, seguido pelo K e P, foi o nutriente liberado em maior quantidade. No norte do Mato Grosso, em uma área de floresta na transição Amazônia-Cerrado, em uma área de menor produção de serapilheira (8,9 Mg ha<sup>-1</sup>

<sup>1</sup> ano<sup>-1</sup>) verificou-se liberação de aproximadamente 76 kg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> de P (SILVA et al., 2009), superando os resultados encontrados por Paula et al. (2009) para esse mesmo nutriente. Resultados similares aos de Silva et al. (2009) foram obtidos por Pinto et al. (2009) em floresta estacional semidecidual, na região de Viçosa, com uma produção anual de 8,8 Mg ha<sup>-1</sup> de serapilheira. Na região norte fluminense, a decomposição da serapilheira foliar de eucalipto, durante 382 dias, liberou 49-60 % de K, 27-39 % de Mg, 18-20 % de Ca e 6-19 % de N e a imobilização de 20-40 % de P, sendo tais liberações marcadamente influenciadas pela precipitação (COSTA et al., 2005). Em Pinheiral (RJ), a produção de serapilheira foi também de 11,0 Mg ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, com tempo de meia vida inferior a 148 dias (MENEZES et al., 2010), entretanto, este autor não avaliou a liberação de nutrientes da serapilheira.

O uso da serapilheira em canteiros de hortaliças, em relação aos solos sem proteção, pode ainda melhorar os atributos físicos do solo em função da melhoria na estrutura do mesmo, o que aumenta a porosidade, a capacidade de infiltração de água, a estabilidade de agregados e diminui a densidade do solo (PRIMAVESI, 1982). Tal melhoria pode ser ainda maior se os canteiros forem permanentes, já que o efeito sobre os atributos físicos pode ser de longo prazo (SIX et al., 1999).

Apesar de inúmeras vantagens, no uso de cobertura morta em hortaliças deve-se também considerar suas desvantagens. Uma delas é que, normalmente utiliza-se materiais que exigem tempo longo de decomposição para a proteção mais prolongada. Isto, por sua vez, reduz a liberação de nutrientes para as hortaliças, normalmente de ciclo curto. Para reduzir essa desvantagem, torna-se necessário utilizar técnicas de cultivos, canteiros permanentes e plantios sucessoriais com o objetivo de melhor utilizar os nutrientes em ciclos posteriores. Outra desvantagem é a possibilidade de alelopatia exercida por alguns compostos oriundos da cobertura. No caso da serapilheira das árvores, por serem perenes e estarem expostas ao ambiente por longos períodos, seu processo adaptativo normalmente é acompanhado pelo favorecimento e desenvolvimento de metabólitos secundários que as protegem (FERREIRA; AQUILA, 2000), mas que podem afetar o desenvolvimento de outras plantas. Dessa forma, o efeito alelopático das espécies cujos resíduos são utilizados precisa ser considerado no momento da seleção do material a ser utilizado como cobertura.

O objetivo geral desta pesquisa foi avaliar os tipos de resíduos utilizados ou com potencial de uso como cobertura em hortaliças em propriedades de agricultores familiares.

Especificamente, objetivou-se i) identificar os resíduos e a percepção dos agricultores em relação a estes resíduos, ii) sistematizar a percepção e as práticas de agricultores com relação ao uso de resíduos de plantas como cobertura do solo no cultivo de hortaliças, iii) avaliar o efeito destes resíduos na temperatura e umidade do solo, iv) avaliar a taxa de decomposição desses resíduos e de liberação de alguns de seus nutrientes e, v) avaliar os efeitos das coberturas na produtividade das hortaliças e sobre as plantas espontâneas.

Esta dissertação está dividida em três partes. A Parte 1, intitulada “Resíduos nas Propriedades e Percepção dos Agricultores”, teve como objetivos identificar os resíduos usados ou com potencial de uso como cobertura nas unidades familiares e a percepção dos agricultores em relação à prática das coberturas do solo. Na Parte 2, com o título “Avaliação das Coberturas do Solo”, avaliou-se a decomposição e a liberação de nutrientes de duas coberturas usadas e duas coberturas com potencial de uso e o efeito das mesmas na dinâmica da matéria orgânica do solo. A Parte III, com o título “Efeitos das Coberturas na Produtividade de Alface e no Solo”, teve como objetivo avaliar os efeitos das coberturas sobre a produtividade de alface, sobre as plantas espontâneas e sobre a temperatura e umidade do solo. A pesquisa foi conduzida em agroecossistemas de agricultores familiares de Viçosa e Porto Firme, Zona da Mata, Minas Gerais.

## **Parte I. RESÍDUOS NAS PROPRIEDADES E PERCEPÇÃO DOS AGRICULTORES**

### **1. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **1.1 Área da pesquisa**

Em Viçosa, a pesquisa foi conduzida em sete unidades de produção localizadas nas comunidades de Varginha, Palmital, Cristais, Violeira, São José do Triunfo e Cachoeirinha; em Porto Firme, em uma unidade pertencente à comunidade Sítio das Almas.

Os critérios de escolhas dos agricultores foram serem agricultores familiares agroecológicos e participar da Rede Agroecológica Raízes da Mata. A Rede consiste em uma organização coletiva de comercialização, baseada nos princípios da Agroecologia, gestão compartilhada, ritmo, transparência, economia solidária e prosumo. A Rede foi criada em 2011 e é uma iniciativa dos grupos de agroecologia da UFV e do Programa TEIA de extensão universitária da UFV, em parceria com o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata (CTA/ZM), o Movimento dos Trabalhadores Sem Terra (MST) da Zona da Mata e da Incubadora Tecnológica de Cooperativas Populares (ITCP; CRUZ et al., 2013). Os agricultores da Rede estão em processo de transição para a agricultura orgânica e alguns já possuem seus produtos certificados na modalidade Organização de Controle Social (OCS). A OCS é um grupo, associação, cooperativa ou consórcio, com ou sem personalidade jurídica, de agricultores familiares de produtos orgânicos que comercializa seus produtos diretamente e que cria relação de confiança entre os agricultores e os consumidores. Para obter o reconhecimento como OCS, os agricultores devem assegurar o direito de visita às suas propriedades e áreas de produção aos consumidores e ao órgão fiscalizador (MAPA, 2008).

Os agricultores foram convidados a participar da pesquisa e aceitaram de forma livre. Todos eles assinaram o termo de consentimento livre e esclarecido exigido pela Comissão Nacional de Ética em Pesquisa à qual foi registrado esse projeto.

Os agricultores foram identificados com a letra inicial do nome do casal agricultor seguida pelas primeiras letras dos nomes das comunidades: TJ<sub>SJ</sub> (São José do triunfo), EG<sub>VI</sub> (Violeira), MJ<sub>VA</sub> (Varginha), FL<sub>SA</sub> (Sítio das Almas), EP<sub>CR</sub> (Cristais), CD<sub>PA</sub> (Palmital), ID<sub>CA</sub> (Cachoeirinha). Os agricultores TJ<sub>SJ</sub>, MJ<sub>VA</sub>, EP<sub>CR</sub> e CD<sub>PA</sub> são casais acima dos 50 anos

provenientes de famílias agricultoras; a produção e venda de hortaliças é a renda principal; tem posse da terra na qual produzem (excetuando o casal TJ<sub>SJ</sub>) e tem filhos adultos. Os agricultores EG<sub>V</sub>, são um casal jovem, provenientes de família de agricultores, filhas crianças e o homem tem um emprego fora da propriedade. O casal ID<sub>CA</sub>, o homem é agrônomo, trabalha com agricultura e produz as hortaliças em Sistemas Agroflorestais (SAFs). Ambos possuem curso superior. O casal FL<sub>SA</sub> são profissionais de áreas não relacionadas à agronomia que decidiram sair da cidade para morar com os avós e produzir hortaliças. Ambos possuem curso superior.

## **1.2 Identificação dos resíduos e da percepção dos agricultores**

Para identificar os resíduos utilizados ou considerados como de potencial uso como cobertura do solo e as práticas dos agricultores sobre cobertura do solo foram realizadas entrevistas semi-estruturadas. Entrevista semi-estruturada é formada por um roteiro com perguntas-chave, com o objetivo de criar um ambiente aberto de diálogo, que permite aos entrevistados se expressarem livremente, sem as limitações criadas por um questionário fechado (VERDEJO, 2010). O roteiro utilizado encontra-se a seguir:

1. Há uso de cobertura nos canteiros de hortaliças? Se sim, para que serve?
2. Quais os materiais mais utilizados na cobertura do solo? Por que?
3. Há exposição ao sol do solo nos canteiros em alguma das fases da produção? Por que?
4. Há outros resíduos que poderiam ser utilizados como cobertura de solo na unidade familiar? Se sim, quais são? Se sim, por que não os utiliza?
5. Quais os critérios devem ser considerados na seleção de resíduos utilizados na cobertura do solo nos canteiros?
6. Em quais épocas do ano vocês colocam as coberturas? Por que?
7. Colocar cobertura pode ter desvantagens? Quais?
8. Quais coberturas vocês gostariam que fossem pesquisadas?

As entrevistas foram feitas com os casais, excetuando CD<sub>PA</sub>, ID<sub>CA</sub> onde só participou o homem e FL<sub>SA</sub> onde também participou o avô.

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 Identificação dos resíduos e da percepção dos agricultores

As informações sobre as respostas às entrevistas estão apresentadas no Quadro 1. Os agricultores mencionaram 19 tipos de coberturas de solos que utilizam ou já utilizaram na produção de hortaliças (Quadro 1). A serapilheira, entendida como folhas, galhos, flores e frutos em diferentes estados de decomposição que se acumulam no solo debaixo das árvores foi o resíduo mais citado, porém não é frequentemente usado. Seu uso depende da disponibilidade do material (época de queda das folhas), da proximidade à horta e da disponibilidade de mão de obra. Esse resíduo pode ser coletado das árvores em volta do quintal ou da casa, das árvores frutíferas ou da capoeira (remanescentes de vegetação nativa em regeneração).

Uma das agricultoras fez a seguinte analogia: *“a serapilheira é a fibra para a terra como as verduras são a fibra para o ser humano”* (T.M., F, 58 anos). Seu esposo explica que prefere usar as folhas secas mais deterioradas porque trazem mais resultado. Conta que *“o pessoal antigo”* dava muito valor para esses materiais. Ele diz que essas folhas se transformam em fósforo, nitrogênio e menciona outros nutrientes. No entanto, ele esclarece que nesse momento não tem nenhum canteiro com cobertura porque ele precisava *“adiantar serviço ... dá muito trabalho colocar [cobertura]”* (J., M, 60 anos).

A bananeira é frequentemente utilizada por quatro dos sete agricultores, três a utilizam na cultura da couve. Os agricultores EG<sub>VI</sub> usam as folhas inteiras da bananeira para cobrir o solo nessa cultura. Eles usaram também a folha de bananeira seca e picada na picadeira e descrevem que essa cobertura *“é a melhor em todo sentido, a terra fica muito boa”* (G.S., M., idade 38). No entanto, eles não usam mais porque não tem tempo para esperar as folhas secarem e depois picar (Quadro 1).

**Quadro 1.** Sistematização das entrevistas semiestruturadas sobre as práticas de coberturas do solo realizadas em sete unidades familiares de Viçosa e Porto Firme

	<b>Utilidade da cobertura</b>	<b>Materiais mais usados</b>	<b>Há exposição do solo? Por que?</b>	<b>Critérios para a seleção de resíduos</b>
<b>TJSJ</b>	Conservação da umidade Fertilidade do solo Diminuição da frequência de irrigação Livra de nascer o mato, proteção do solo Aporte de matéria orgânica Melhora na estrutura do solo: “Terra fofa” “Fibra para a terra”	Serapilheira da capoeira, da faveira, das árvores em volta da casa (lichia, abacate) Resíduos de capina Vagem de feijão Resíduos das hortaliças, capim brachiaria	Sim, porque colocar a cobertura dá muito trabalho. “...as vezes não tem tempo, com a mão de obra da gente é muito pouca... a falta de mão de obra faz com que a gente deixa muita coisa boa, da gente fazer para trás”	Material de rápida decomposição, material que já está mais deteriorado livre de sementes, que aporte nutrientes
<b>EGVI</b>	Proteger o solo, manter a umidade, diminuir a irrigação na época seca para a terra não ficar empedrada, segurar o nutriente do esterco porque o N do esterco evapora se da o sol. Com a cobertura a planta adsorve o nutriente, ajuda para o próximo plantio pelo aporte de matéria orgânica, a terra fica mais fácil de preparar	Gramma, Folha de bananeira, folha de bambu, folha de Ingá, folha de manga	O solo só fica exposto quando no tem tempo de colocar cobertura	Cobertura que seja mais solta, menos densa, mais leve. Deve estar seca e não deve ter formigas cortadeiras
<b>MZVA</b>	Proteger o solo, o sol não bater direto na terra, o sol não secar a terra, conservar a umidade, diminuir a capina, diminuir a irrigação	Gramma Capim gordura Serragem Bananeira Folha da capoeira (só uma vez como experiência)	Sim, por falta de cobertura ou de mão de obra	Disponibilidade “o que a gente tem na mão”
<b>FLSA</b>	Manter a umidade, atrasar as plantas nativas, manter nutriente para ele não ir para o ar, manter atividade biológica, evitar erosão, adubação dos canteiros.	Palha de milho, palha de feijão, Mariazinha, folha de coco, serapilheira de tapiá, grama	Sim, por falta de material	Disponibilidade. Se decompõe rápido (prefere as que ficam mais tempo no canteiro). Que permita o crescimento da cultura plantada.
<b>EP<sub>CR</sub></b>	Conservar o solo, conservar umidade na terra, usar menos esterco (porque o resíduo vira esterco), ajuda a não compactar.	Resíduos da cozinha misturados com estrume de galinha, esterco de boi, cipós de feijão que acabou produção, capim, folha de bananeira, resíduos da capina da horta	Sim, por falta de mão de obra ou da cobertura	Que esteja disponível e perto do quintal, preferivelmente dentro do quintal. Que seja miúdo se é para por na horta.
<b>CD<sub>PA</sub></b>	Adubação, conservar a umidade, abafar o matinho, melhora a terra, não usa tanta água	Mato da capina da horta, palha de feijão, Esterco do curral, Folhas secas das árvores do quintal.	Sim, quando não está com plantio “eu não tenho prazo”	Qualquer um serve. Que seja miúda. Que esteja perto da horta. Que não precise muita mão de obra. Inferido: que seja de rápida decomposição
<b>ID<sub>CA</sub></b>	Proteção do solo, Infiltração, Diminuir impacto da chuva, ciclar nutrientes, C para segurar o N	Brachiaria, toquinhos de madeira (nos caminhos), capim picado na picadeira, plantas da lagoa, bananeira, Astrapéia, Biomassa das podas, coberturas vivas em diferentes estratos, margaridão nos caminhos	“ <i>Só se eu der mole</i> ”. No intervalo entre a reforma de uma área e o começo de outra. Demora 4 meses para plantar e cobrir totalmente uma área nova preparada com trator.	Que tenha rusticidade (adaptação da planta ao lugar no caso de cobertura plantada). Que de muita biomassa. Que esteja no local ou locais vizinhos.

Quadro 1. Continuação

	<b>Há outros resíduos que poderiam ser utilizados? Quais?</b>	<b>Em qual época do ano coloca a cobertura?</b>	<b>Desvantagens das coberturas</b>	<b>Quais coberturas gostaria que fossem pesquisadas?</b>
<b>TJSJ</b>	Inferido: Bambu é ruim, é igual a plástico, demora para decompor. A bananeira também demora muito para se decompor	Ideal antes do plantio na época quente	Não foi mencionado	Não foi mencionado
<b>EGVI</b>	Braquiária, mas só para uso em cova porque é muito grossa, em canteiro precisa folha mais miúda. Folhas da capoeira, mas poderia trazer formigas e cupim e afetar a horta.	O ano todo, mas precisa mais na época de inverno	Amarelamento de alface por colocar cobertura molhada. Formigas cortadeiras que podem vir na serapilheira das árvores.	Gramma e folha de bananeira picada “é a melhor em todo sentido”
<b>MZVA</b>	Folha da capoeira, mas o problema é o tempo para buscar, além de que só libera folha no inverno. Folha de bambu. Folhas de uma árvore só não dá para juntar, tem que ser um matim fechado.	O ano todo, nas duas épocas de seca e de chuva. Na de chuva controla o mato. Na seca tem pouca disponibilidade.	Serve de refúgio para lesma	Banana, grama e folha da capoeira
<b>FLSA</b>	Araruta, palha de bambu, mamona, margaridão, bananeira (ainda não cresceu). Querem testar braquiária e capim gordura, mas ainda não tem na propriedade.	O ano todo, deve se considerar a disponibilidade da cobertura para cada época	Atrapalha quando precisa colocar terra no pé da couve. Dependendo da cobertura atrapalha a capina	Sorgo, capim mombaça, batata doce (como cobertura viva)
<b>EP<sub>CR</sub></b>	Folhas das árvores, pega quando há tempo	Em época de “dia maior” quando o sol esquenta mais, época que gasta mais água. Os meses de agosto, setembro, outubro.	Sempre é vantagem. Antepassados falavam que atraía lesmas e grilos “mas eu não concordo”.	O caule da banana, tem muita água
<b>CD<sub>PA</sub></b>	Folhas da capoeira não pega porque é “reservada”, tem carrapato porque é passo do gado e está longe. Bambu também não usa porque é difícil de mexer. Bananeira é muito bom mas dá muito trabalho ficar picando (teve experiência de muita produção de alho com cobertura de bananeira que o pessoal ajudou a fazer)	O ano todo, mas na época de seca caem as folhas então usa mais.	Cobertura não tem problema	Qualquer uma, todas dão certo
<b>ID<sub>CA</sub></b>	As árvores que precisam de poda: ingá, a manga, a goiabeira. As plantas aquáticas do tanque, mas falta mão de obra para ir e limpar a lagoa.	Quando a produção de biomassa é maior. No verão usa mais porque tem maior disponibilidade. Depende também da disponibilidade de mão de obra.	O capim quando pega novamente, mas é questão de manejo, é preciso roçar.	Material lenhoso picado

Os resíduos da capina da horta, os resíduos de culturas (palhas de milho e feijão), a cobertura viva com plantas espontâneas são coberturas do solo frequentemente usadas pelos agricultores mais velhos. As coberturas com bambu (EG<sub>VI</sub>) e com serapilheira da capoeira (MJ<sub>VA</sub>) foram utilizadas como teste por estes agricultores.

A disponibilidade da cobertura e o tempo são fatores chaves na prática de cobrir o solo para os participantes da pesquisa. Os agricultores mais novos manifestaram iniciativas inovadoras na procura de materiais para o uso como cobertura. A exemplo da mariazinha ou lírio-do-brejo (*Hedychium coronarium* J.Koenig), utilizada pelos agricultores FL<sub>SA</sub>. Esta planta é exótica, mas amplamente encontrada no Brasil (MAAS; MAAS, 2015). Ela cresce nas áreas de brejo, pode se reproduzir com grande facilidade em lugares com 60 a 80 % de sombreamento e é uma espécie monitorada por considerar que pode ameaçar a biodiversidade em áreas prioritárias (SANTOS et al., 2005). No agroecossistema FL<sub>SA</sub> a planta cresce em abundância na borda do córrego que atravessa a propriedade. Estes agricultores consideraram a mariazinha como uma ótima cobertura, além de se encontrar em abundância no agroecossistema: “...Você corta e ela já está crescendo de novo enquanto a grama você tem que irrigar para ela crescer de novo” (L.E., M, idade 27). O avô acrescenta: “o que a gente usa é como otimizar o recurso, para grama precisa pagar mão de obra, para essa [a Mariazinha] uma só pessoa [pega] com uma faca” (J.E., M, idade 70).

Os participantes da pesquisa mencionaram 12 utilidades das coberturas (Tabela 1). O efeito da cobertura sobre a conservação da umidade do solo e a diminuição da irrigação foi salientado pela maior parte dos agricultores. Esse efeito é de particular importância no município de Viçosa, que tem tido racionamento de água desde o ano 2014. Os agricultores EP<sub>CR</sub> e CD<sub>PA</sub> indicaram o problema da escassez de água em suas propriedades. Segundo o casal EP<sub>CR</sub>, antes eles produziam muita mandioca e frutas no “morro” mas, atualmente as chuvas menos frequentes tem dificultado o cultivo, por isto, os mesmos, assim como CD<sub>PA</sub>, estão pensando em estruturas para captação de água de chuva para irrigação. Embora eles reconheçam o papel da cobertura na manutenção da umidade do solo, parece que a irrigação é preferida para superar os problemas relacionados ao fornecimento de água para as culturas. Esses agricultores não consideram opções de aumento da capacidade de retenção de água no solo via aumento de matéria orgânica a través do aporte de resíduos vegetais.

**Tabela 1.** Utilidade das coberturas para sete agricultores da Rede Raízes da Mata

<b>Utilidade da cobertura</b>	<b>TJSJ</b>	<b>EGVI</b>	<b>MJVA</b>	<b>FLSA</b>	<b>EP<sub>CR</sub></b>	<b>CD<sub>PA</sub></b>	<b>ID<sub>CA</sub></b>	<b>Frequência</b>
<b>Conservar umidade e diminuir irrigação</b>	x	x	x	x	x	x		6
<b>Fertilidade do solo</b>	x			x	x	x		4
<b>Diminuir capina</b>	x		x	x		x		4
<b>Proteger ou conservar o solo</b>	x	x	x		x			4
<b>Melhora a estrutura</b>	x	x						2
<b>Aporte de matéria orgânica</b>	x	x						2
<b>Evitar perdas de nutriente</b>		x		x				2
<b>Evitar erosão</b>				x				1
<b>Evitar compactação</b>					x			1
<b>Manter atividade biológica</b>				x				1
<b>Ciclagem de nutrientes</b>							x	1
<b>Melhora a infiltração</b>							x	1
<b>Afugentar pragas</b>				x				1

O efeito da cobertura sobre a fertilidade do solo também foi indicado pela maioria dos agricultores, segundo eles a cobertura serve para “*segurar o nutriente do esterco*” (G.S., M, idade 38), “*manter nutriente para ele não ir para o ar*” (L.H., M, idade 27), “*...usa menos esterco porque ali já vai virando esterco, já vai apodrecendo na terra...vai mantendo a terra*” (P., M, idade 56).

Cinco dos agricultores fizeram alguma referência à importância da cobertura na estrutura do solo. Segundo eles “*a cobertura ajuda a ter a terra mais fofa*” (T., F, idade 58) e “*a terra fica mais fácil de preparar*” (P., M, idade 56). O efeito das coberturas sobre o aumento da infiltração da água e a diminuição da compactação e da erosão do solo são benefícios relacionados à estrutura do solo e também foram apontados.

A diminuição da mão de obra para capinar também foi salientada. A cobertura “*livra de nascer o mato*” (J., M, idade 56), “*atrasa as plantas nativas*” (L.H., M, idade 27) e “*abafa o matinho*” (D., M, idade 52). Entretanto, o entendimento de que há maior necessidade de

mão de obra para adicionar a cobertura do solo parece superar a economia de mão de obra com a capina, pois muitos alegam não usá-la por falta de mão de obra.

A percepção do solo como habitat de organismos vivos e da relação entre as coberturas e esses organismos através do processo de decomposição, foi explicitada apenas por um agricultor, o mais novo de todos os entrevistados.

O uso da mariazinha, segundo os agricultores que a utilizam (FL<sub>SA</sub>), pode afugentar organismos indesejados. Eles afirmam que seus resíduos permanecem muito tempo sobre o solo e exalam cheiro forte. Este cheiro pode afastar organismos dos canteiros, pois eles não têm observado caramujos e lesmas sob essa cobertura.

Nos agroecossistemas foi observada vegetação que produz materiais com uso potencial como cobertura do solo, dentre eles pequenos bambuzais, capoeiras, bananeiras, pomares e árvores de diferentes tipos estavam presentes na maioria das propriedades. Os agricultores mais novos propuseram coberturas de uso potencial pouco convencionais: folhas de araruta; palha de bambu; mamona, margaridão; resíduos de poda do Ingá, da manga e da goiabeira e plantas aquáticas de lagoas e brejos das propriedades.

Alguns dos agricultores consideraram difícil o uso destes materiais. O agricultor CD<sub>PA</sub> opina que não vale a pena usar a serapilheira do bambu: “*não vale a pena não... galhos não... bambu é muito difícil você mexer com aquilo, né?... os galhos é muito perigoso...mato... ai não compensa... as folhas não caem no chão? – caem mas dá o maior trabalho*” (D., M, idade 52). O agricultor TJ<sub>SJ</sub> opina que usar o bambu é ruim porque demora muito para se decompor: “[folha de bambu] *ela é ruim, eu só sei que a gente coloca, ela é igual plástico, ela demora para decompor*” (J, M, idade 60).

O uso potencial da serapilheira da capoeira também apresenta dificuldades. CD<sub>PA</sub> manifesta que: “*não, de lá [da capoeira] eu não uso nada não – tá, e porque? por alguma razão? – é porque está lá mais para cima, né? A gente não mexe, como é reservado, né? Criação anda lá também, bastante carrapato*” (D., M, idade 52). A distância da capoeira à horta é também manifestada como uma dificuldade para o uso pela agricultora MJ<sub>VA</sub>. Os agricultores EG<sub>V1</sub> expressam receio de usar serapilheira do mato por temor de levar formigas cortadeiras e cupim para a horta.

Em todos os sítios foram observados canteiros com cobertura e canteiros descobertos. Isso confirma as informações dadas durante as entrevistas, quando os agricultores

demonstraram saber da importância da cobertura, mas encontram dificuldades em fazê-la, por isto, essa prática não é feita permanentemente.

### **3. CONCLUSÃO**

Os agricultores usam coberturas para proteger o solo. Entre elas, as mais usadas são a bananeira, a grama e os resíduos da capina.

Existem, nas unidades familiares dos agricultores visitados, diversidade de resíduos vegetais que tem potencial de uso como cobertura do solo na produção de hortaliças. Entre eles, os agricultores mencionaram as folhas da capoeira ou das árvores do quintal e do bambu e a palhada do lírio do brejo.

Os agricultores conhecem amplamente os benefícios das coberturas do solo e aceitam essa prática como importante para o cultivo de hortaliças. No entanto, tem grande dificuldade em priorizar essa prática, pois acreditam que ela exige mão-de-obra não disponível. Novas pesquisas devem ser realizadas inclusive para aferir a potencialidade específica de algumas coberturas apontadas pelos agricultores, a exemplo da Mariazinha (ou lírio do brejo) que parece ter potencial de afugentar organismos indesejados dos canteiros.

## Parte II. AVALIAÇÃO DAS COBERTURAS DO SOLO

### 1. MATERIAL E MÉTODOS

#### 1.1 Área de estudo e coberturas estudadas

O experimento de avaliação das coberturas vegetais identificadas em unidades de produção familiar foi conduzido na unidade produtiva (identificada como MJ<sub>VA</sub>) da comunidade de Varginha, município de Viçosa, MG.

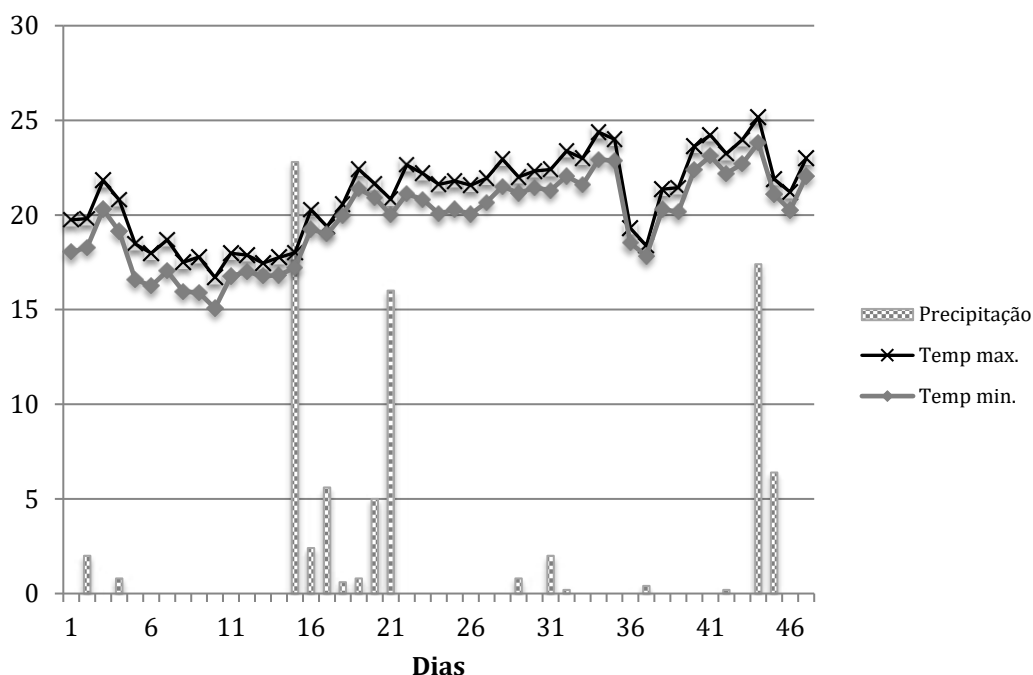
Na Tabela 2 são apresentadas as características físicas e químicas do solo onde foi conduzido o experimento.

**Tabela 2.** Caracterização química e física do solo do experimento

Análise Química							
pH (H <sub>2</sub> O)	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	SB <sup>1</sup>	T <sup>2</sup>	V <sup>3</sup>	P-rem <sup>4</sup>
6,37	5,31	1,38	0	7,5	9,7	77,6	51,8
S	P	K	N	C	δ <sup>13</sup> C <sub>PDB</sub>	C/N	
2,4	120,8	19,26	0,21	3,04	(‰)		14,31
Micronutrientes							
B	Cu	Mn	Fe	Zn			
0,77	1,04	190,4	37,8	25,65			
Análise Física							
Areia fina	Silte	Argila	ADA <sup>5</sup>	DS <sup>6</sup>	Classificação textural <sup>7</sup>		
0,16	0,087	0,226	0,074	1,05	Franco-Argilo-Arenosa		

<sup>1</sup>Soma dos cátions básicos Ca, Mg e K. <sup>2</sup>Capacidade de troca catiônica potencial em pH 7,0 (SB + (H+Al<sup>3+</sup>)). <sup>3</sup>Porcentagem da CTC potencial ocupada pelos cátions básicos (100\*SB/T). <sup>4</sup>Fósforo remanescente (ALVAREZ et al., 2000). <sup>5</sup>Argila dispersa em água determinada por dispersão mecânica e sedimentação em água. <sup>6</sup>Densidade de partículas determinada com balão volumétrico e álcool. Frações texturais determinadas por dispersão com NaOH e agitação mecânica, separação por peneiramento e sedimentação (EMBRAPA, 1997). <sup>7</sup>SBCS 2018. P, K, Fe, Zn, Mn e Cu determinados com extrator Mehlich-1. Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> determinados com extrator KCl 1,0 mol/L (DEFELIPO & RIBEIRO, 1997).

A precipitação em Viçosa durante o experimento foi de 83,4 mm e a temperatura oscilou entre 15,07 e 25,16 °C (Figura 1).



**Figura 1.** Precipitação e temperatura de Viçosa entre o Primeiro de setembro e 16 de outubro. Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia, 2018.

Os critérios para a seleção das coberturas obedeceram aos resultados do diagnóstico feito na Parte 1 e à disponibilidade de resíduos na unidade MJ<sub>VA</sub>. As coberturas utilizadas foram de material senescente proveniente de folhas e pequenos galhos de bambu (*Bambusa sp.*), grama, bananeira (folhas e pseudocaule) e floresta secundária (serapilheira composta de folhas e galhos). A Floresta secundária é chamada pelos agricultores de *capoeira*, terminologia que será utilizada no texto. A bananeira e a grama são os resíduos mais utilizados pelos agricultores. A serapilheira e o bambu, embora não preferida por alguns, foram utilizadas devido a disponibilidade na unidade produtiva.

A grama foi roçada e o material foi empilhado e seco ao ar por 20 dias. A serapilheira da capoeira e do bambu foi coletada do solo da capoeira e do bambuzal da unidade familiar. O material da bananeira foi coletado de touceiras perto da horta e foi picado, sendo o único material colocado fresco. Todos os materiais tiveram um tamanho médio de 10 cm.

O preparo do solo consistiu de aração e encateiramento com a incorporação de 9,6 kg (96 Mg ha<sup>-1</sup>) de esterco bovino curtido por m<sup>2</sup> de solo (C: 32,83 dag kg<sup>-1</sup>; N: 1,73 dag kg<sup>-1</sup>; δ<sup>13</sup>C: -18,76 ‰). Os canteiros foram divididos em parcelas de 2 x 1 m e cada parcela foi

coberta com um tipo de cobertura e uma parcela foi deixada sem cobertura (controle). As quantidades utilizadas dos resíduos foram 13 kg (65 Mg ha<sup>-1</sup>) de folhas e pseudocaule de bananeira, 6 kg (30 Mg ha<sup>-1</sup>) de serapilheira de bambu, 5 kg (25 Mg ha<sup>-1</sup>) de serapilheira da capoeira e 3 kg (15 Mg ha<sup>-1</sup>) de grama por parcela. Essas quantidades foram determinadas segundo a quantidade de cobertura usada pelos agricultores da unidade familiar.

Em subamostras dos resíduos foram determinados os teores totais de N pelo método Kjeldahl após digestão sulfúrica; de K por fotometria de chama; de P por espectrofotometria de absorção molecular e de Ca, Mg, Fe, Cu, Zn e Mn por espectrofotometria de absorção atômica após digestão nitroperclórica (EMBRAPA, 1999).

## **1.2 Decomposição e liberação de nutrientes das coberturas**

O acompanhamento da decomposição dos resíduos vegetais foi realizado durante o mês de setembro e outubro de 2018 sobre parcelas plantadas com alface na horta agroecológica dos agricultores MJ<sub>VA</sub>. O experimento foi instalado utilizando delineamento em blocos casualizados, com três repetições, em parcelas subdivididas no tempo, onde as parcelas principais foram os 4 tipos de cobertura e as subparcelas foram os 5 tempos de coleta do resíduo.

As unidades experimentais (Figura 2) consistiram em câmeras de decomposição construídas com tubos de policloreto de vinil (PVC) de 15 cm de diâmetro e 15 cm de altura, de acordo com Souza *et al.* (2016). Em cada tubo foram feitos cinco furos de 1,5 cm de diâmetro, localizados a 9 cm da base e distribuídos de forma equidistante. Os tubos foram inseridos no solo até uma profundidade de 9 cm de forma que os furos ficassem ao nível do solo para permitir a entrada e saída da macrofauna.

As coberturas vegetais foram colocadas na câmera, espaço formado entre o solo e a superfície do tubo. Um disco de tela plástica de 3 mm de malha foi inserido entre o solo e a cobertura vegetal para facilitar a coleta do material nos tempos estipulados. Finalmente, um tecido de polietileno de 2 mm de malha no topo do tubo evitou a entrada de material diferente ao avaliado. Em 0,0177 m<sup>2</sup>, área da câmera de decomposição, colocou-se 114 g de bananeira, 52 g bambu, 44 g de serapilheira da capoeira e 26 g de grama (massa de matéria fresca). O tamanho máximo do material foi de 8 cm. Materiais maiores foram reduzidos com auxílio de faca ou tesoura. As câmeras foram instaladas e distribuídas de forma equidistante em parcelas de 2 m<sup>2</sup> com plantio de alface com cobertura de igual tipo à contida na câmera.



**Figura 2.** (a) Câmera de decomposição sem resíduos, com disco de tela plástica de 3 mm de malha e furos para entrada de macrofauna (b) Câmera com resíduo de capoeira e tecido de polietileno de 2 mm de malha.

O resíduo contido em cada câmara foi coletado e levado para o laboratório aos 0, 5, 15, 30, e 45 dias após a instalação das câmeras de decomposição. Cada parcela teve uma repetição coletada em cada tempo. Solo e artrópodes foram retirados do material vegetal com o auxílio de pinças. Em seguida, secou-se o material em estufa com circulação forçada de ar a 65 °C até alcançar peso constante (três dias), sendo então pesados para determinação da massa seca e avaliação da perda de peso em relação ao peso inicial. Determinou-se também a umidade dos quatro materiais nas amostras coletadas no tempo zero. A umidade foi de 78,21 % na bananeira, 11,72 % na grama, 11,02 % no bambu e 10,96% no bambu.

A taxa de perda de massa seca ou taxa de decomposição das coberturas vegetais foi avaliada utilizando-se modelo lineal (OLSON, 1963) conforme equação:

$$Y = X_0 - kX,$$

onde X = quantidade de matéria seca ou nutriente remanescente após um período de tempo t, em dias; X<sub>0</sub> = quantidade de matéria seca ou nutriente passível de decomposição no início do ensaio, em gramas; k = constante de decomposição.

Em subamostras dos resíduos coletados, em cada tempo, foram determinados os teores N, P, K, Mg, Ca, Cu, Mn, Fe e Zn usando os mesmos métodos descritos na caracterização inicial. A partir desses teores foram determinados os conteúdos de matéria seca (MS) e nutrientes remanescentes em relação às quantidades presentes inicialmente nos

resíduos de cada espécie. Na sequência foi estimada a quantidade e porcentagem mineralizada de cada resíduo.

### 1.3 Fluxos de CO<sub>2</sub> e efeito *priming*

Os fluxos de CO<sub>2</sub> foram mensurados em uma câmara de PVC (conforme descrito na seção 1.2). Cada cobertura contou com três câmeras como repetições e três câmeras sem cobertura serviram como testemunha. No momento da coleta de ar, as câmeras foram cobertas com uma tampa de PVC com um septo de borracha na parte superior e os orifícios para a entrada de macrofauna foram fechados com peças de borracha. Pelo septo de borracha da tampa extraiu-se o ar utilizando uma seringa de polipropileno de 60 mL dotada de válvula de três vias (Figura 3a). O ar foi coletado aos 0, 10, 20 e 40 minutos após o fechamento das câmeras nos mesmos dias da coleta dos resíduos das câmeras de decomposição (0, 5, 15, 30 e 45 dias).



**Figura 3.** (a) Câmera de gases com septo de borracha e seringa de três vias e (b) coleta de gases com a seringa e peças de borracha tampando os orifícios da câmara.

Nas amostras gasosas contidas nas seringas foram determinadas as concentrações de CO<sub>2</sub> e o  $\delta^{13}\text{C-CO}_2$  por meio do equipamento Cavity Ring Down Spectroscopy (CRDS - Picarro, Sunnyvale, CA).

O cálculo do fluxo de CO<sub>2</sub> do solo foi realizado conforme a Equação 3:

$$\text{Fluxo de CO}_2 = \frac{\Delta Q}{\Delta t} * M * \frac{(P * V)}{(R * T)} * \frac{1}{A} * 3,6 \quad \text{Equação 3}$$

Em que: fluxo de CO<sub>2</sub> (mg m<sup>-2</sup> h<sup>-1</sup>);  $\frac{\Delta Q}{\Delta t}$  é o coeficiente angular (ppm s<sup>-1</sup>) obtido do ajuste das concentrações dos gases ao longo do tempo de coleta pré determinado; M é a massa molar do CO<sub>2</sub> (g mol<sup>-1</sup>); P é a pressão constante de 1 atm; V é o volume da câmara (1,7672 L); R é a constante dos gases (0,08205746); T é a temperatura do solo (entre 293,15 e 300 K segundo o tratamento) e A é a área da câmara (0,017672 m<sup>2</sup>).

Devido à diferença da abundância isotópica do <sup>13</sup>C entre as coberturas vegetais e o solo foi possível realizar o particionamento dos fluxos de CO<sub>2</sub> e conhecer os fluxos de CO<sub>2</sub> derivados das coberturas vegetais e aqueles derivados do solo utilizando as Equações 4, 5 e 6.

$$f = (\delta^{13}\text{C-CO}_{2\text{Trat}} - \delta^{13}\text{C-CO}_{2\text{Test}}) / (\delta^{13}\text{C}_{\text{Cobertura}} - \delta^{13}\text{C-CO}_{2\text{Test}}) \quad \text{Equação 4}$$

$$\text{Fluxo de CO}_2 \text{ derivado da cobertura} = \text{Fluxo de CO}_2 \text{ total} \times f \quad \text{Equação 5}$$

$$\text{Fluxo de CO}_2 \text{ derivado do solo} = \text{Fluxo de CO}_2 \text{ total} - \text{Fluxo de CO}_2 \text{ derivado da cobertura} \quad \text{Equação 6}$$

Onde *f* é a proporção de CO<sub>2</sub> derivado da cobertura;  $\delta^{13}\text{C-CO}_{2\text{Trat}}$  é a razão isotópica do CO<sub>2</sub> ( $\delta^{13}\text{C-CO}_2$ ) emitido do solo com a cobertura;  $\delta^{13}\text{C-CO}_{2\text{Test}}$  é a razão isotópica do CO<sub>2</sub> ( $\delta^{13}\text{C-CO}_2$ ) emitido do solo sem a cobertura ou testemunha;  $\delta^{13}\text{C}_{\text{Cobertura}}$  é a razão isotópica das diferentes coberturas vegetais utilizadas.

Conhecendo o fluxo de CO<sub>2</sub> derivado do solo foi possível calcular a mudança na taxa de mineralização da matéria orgânica do solo como resposta à adição das coberturas ou (EP; Equação 7):

$$EP = ((\text{Fluxo de CO}_2 \text{ S com coberturas} - \text{Fluxo de CO}_2 \text{ S sem coberturas}) / \text{Fluxo de CO}_2 \text{ S sem coberturas}) \times 100 \quad \text{Equação 7}$$

#### **1.4 Carbono da Matéria Orgânica Particulada e associada aos Minerais**

O solo contido nas câmeras de decomposição descritas (item 1.2.) foi coletado 45 dias após colocar as coberturas. Duas camadas de solo foram coletadas de cada câmera de 0 a 1 e de 1 a 5 cm de profundidade. As amostras foram secas ao ar e passadas por peneira de 2 mm.

O fracionamento físico da matéria orgânica do solo de cada camada foi realizado segundo o método descrito por Mendonça e Matos (2017) adaptado de Cambardella & Elliot (1992). Foram pesados 10 g de Terra Fina Seca ao Ar em tubos de centrífuga e adicionados 30 mL de solução de hexametáfosfato de sódio ( $5 \text{ g L}^{-1}$ ) e agitado por 15 horas em agitador horizontal a 120 rpm. Dentro de cada tubo foram colocadas esferas de vidro de 15 mm de diâmetro para garantir a dispersão das amostras. A solução com solo disperso foi passada na peneira com abertura de malha de 0,053 mm. O material retido na peneira foi lavado e transferido para copos descartáveis de peso conhecido. A solução elutriada e o material sólido retido foram secos em estufa de circulação de ar a  $60^\circ \text{ C}$  por três dias. Após secagem, o material foi pesado para conhecer a massa da matéria orgânica associada aos minerais ( $m$  MAM, presente na solução elutriada) e a massa da matéria orgânica particulada ( $m$  MOP, presente no material sólido retido na peneira) dos solos.

Nas subamostras de MOP e MAM foram determinados os teores de C e abundância natural de  $^{13}\text{C}$  ( $\delta^{13}\text{C}$ ) por meio de um Espectrômetro de Massas de Razão Isotópica (IRMS) de fluxo contínuo (20–20; Anca-GLS, Sercon, Crewe, UK).

Devido a diferença na abundância natural do  $^{13}\text{C}$  nas frações MOP e MAM dos solos com as diferentes coberturas e no solo sem as coberturas foi possível realizar o particionamento do C (aquele derivado do solo e derivado das diferentes coberturas) em cada fração da MOS utilizando o mesmo princípio utilizado nas Equações 4, 5 e 6.

#### **1.5 Análise dos dados**

Os dados de decomposição foram analisados com o modelo de regressão linear usando o pacote estatístico R versão 3.3.3.

Os dados da quantidade mineralizada de cada nutrientes, fluxo de C-CO<sub>2</sub>, efeito *Priming* e C-MOP e C-MAM foram submetidos a análises de variância usando o pacote Statistica 11.0. A normalidade dos dados foi comprovada pelo teste de Shapiro Wilk e a homocedasticidade pelo teste de Cochran. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,10$ ). Algumas variáveis precisaram de transformação de dados (Tabela 3).

**Tabela 3.** Transformação de dados para algumas das variáveis analisadas

Avaliação	Transformação de dados
Quantidade mineralizada de Fe	$y = \log(x+100)$
Fluxo de CO <sub>2</sub>	$y = \sqrt{x+200}$
Efeito <i>priming</i>	$y = \sqrt{x+200}$
C-MOP da cob. (0 a 1)	Box-Cox
C-MOP do solo (1 a 5)	$y = -3/(100 + x)^3$
C-MOP da cob. (1 a 5)	$y = \log_{10}(x+100)$

## 2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 2.1 Decomposição e liberação de nutrientes

A Tabela 4 apresenta a caracterização inicial dos resíduos. A bananeira apresentou os maiores teores de K, Mg e Mn, a grama os maiores teores de N e P, a capoeira o maior teor de Ca e o bambu os maiores teores de Fe, Cu e Zn. O teor de K na bananeira foi entre 4 e 15 vezes maior do que o encontrado em outras coberturas avaliadas. O bambu apresentou os menores teores de macronutrientes, mas em geral os maiores teores de micronutrientes (excetuando o Mn, maior na bananeira).

**Tabela 4.** Caracterização química inicial dos resíduos usados como cobertura do solo e relações C/N e C/P

	C	N	P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn	C/N	C/P
	..... dag kg <sup>-1</sup>						.....mg kg <sup>-1</sup> .....					
	1 .....											
<b>Capoeira</b>	39,97	1,53	0,05	0,42	1,85	0,32	9,90	503,80	611,90	26,55	26,12	798,72
<b>Bananeira</b>	37,93	1,52	0,10	2,90	1,56	0,41	4,12	736,60	596,93	23,77	24,96	379,81
<b>Bambu</b>	39,57	0,91	0,07	0,19	0,58	0,11	17,70	588,32	30835,00	136,10	43,64	595,87
<b>Grama</b>	39,96	1,65	0,18	0,67	0,43	0,38	7,90	138,02	1600,17	27,88	24,16	217,92

Os teores de K, N e Cu encontrados na bananeira foram semelhantes e os teores Ca e Mg foram maiores do que os encontrados em estudo em sistemas Agroflorestais na Zona da Mata de MG (DUARTE, 2011). O bambu apresentou os maiores teores de Cu, Mn, Zn e Fe. Poucos estudos reportando valores de micronutrientes em serapilheira de bambu foram encontrados. Teores de Zn e Cu menores aos encontrados neste trabalho foram reportados em estudo das folhas de 16 espécies de bambu em ilha de clima tropical oceânico da França ( $5,1 < 17,7 \text{ mg kg}^{-1}$  de Cu e  $15,7 < 136,1 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn) (COLLIN et al., 2012). Teores de

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> de 1,33% foram encontrados em cinzas de bambu analisadas com raios X em cidade de clima tropical na Colômbia (CARDONA, 2013), teor inferior ao encontrado neste estudo (3,08 %).

Os resíduos apresentaram altas relações C/N e C/P (Tabela 4). A maior relação C/N foi encontrada no bambu e a maior relação C/P na capoeira. Os baixos teores de N e P em relação ao C dificultam a decomposição do material (HORWATH, 2006), o que faz de eles boas coberturas mortas, isto porque os agricultores reclamam da falta de tempo para utilizar cobertura morta. Materiais com maior dificuldade de decomposição permanecem mais tempo sobre o solo, o que exige então menos mão de obra para sua renovação.

O modelo linear apresentou um bom ajuste dos dados da perda de massa para todas as coberturas avaliadas. A primeira fase da decomposição é referente à proporção do compartimento facilmente decomponível ou lábil, com maiores taxas e a segunda fase mais recalcitrante e com menores taxas de decomposição (MALUF et al., 2015). O comportamento linear das coberturas indica que não houve tempo para o decaimento exponencial (segunda fase mais recalcitrante) e que o tempo de análise contemplou apenas a primeira fase de mineralização (compartimento mais lábil).

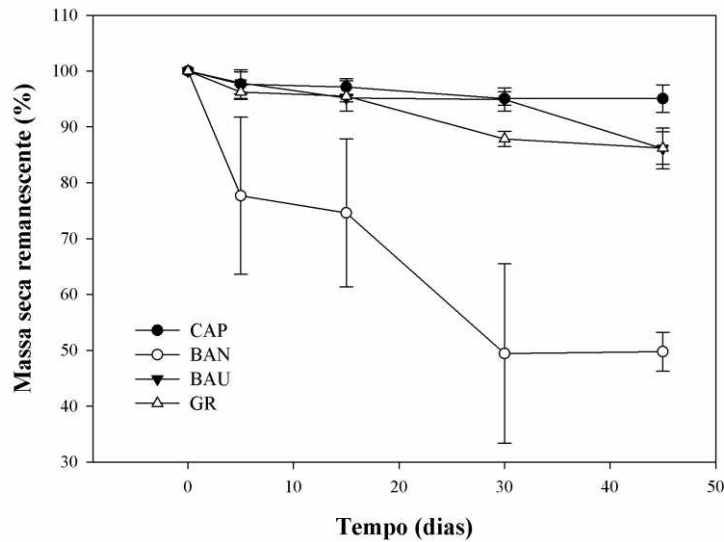
A bananeira apresentou a maior taxa de decomposição (k= 0,238) enquanto a capoeira apresentou a menor taxa de decomposição (k= 0,040, Tabela 5).

**Tabela 5.** Parâmetros estimados da equação  $Y = X_0 - kX$  ajustada aos valores de MS para as diferentes coberturas

<b>Especie</b>	<b>X<sub>0</sub> (g)</b>	<b>k</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
Capoeira	38,049	0,040	0,359
Bambu	45,431	0,116	0,606
Gramma	22,090	0,069	0,606
Bananeira	20,384	0,238	0,548

Na capoeira, a variação da vegetação encontrada no local pode contribuir para estas diferenças, por exemplo, as taxas decomposição de folhas de açoita cavalo e ingá foram bem menores que as taxas de decomposição de eritrina, ipê preto e fedegoso (DUARTE et al., 2013). Isto significa então, que os materiais das copeiras podem diferir e alguns podem ser melhores do que os outros para cobertura morta.

As porcentagens de matéria seca remanescente das coberturas avaliadas durante um ciclo de cultivo de alface, encontram-se na Figura 4.



**Figura 4.** Porcentagem de massa seca remanescente das coberturas utilizadas no cultivo de alface ao longo de 45 dias

Ao final de 45 dias a bananeira apresentou 49% de MS remanescente, bambu e grama 86% e a capoeira 95%. A capoeira apresentou o maior valor de MS remanescente ao término dos 45 dias. A relação C/N da bananeira, capoeira e grama foram similares (entre 26,12 e 24,16, Tabela 4), entretanto a bananeira se decompôs mais rapidamente, o que pode ter sido devido a alta umidade no resíduo da bananeira. A umidade do resíduo de bananeira foi de 80% enquanto a capoeira, a grama e o bambu apresentaram umidade de 11,5% em média. A baixa taxa de decomposição da capoeira pode ser explicada pela alta relação C/P deste resíduo (798,72). Materiais com baixos teores de P não conseguem satisfazer as necessidades de assimilação do nutriente nos tecidos microbianos e os microrganismos retiram P na solução do solo para decompor os resíduos (CARDOSO, et al., 2003). O solo do experimento apresentou boa disponibilidade de P (Tabela 2), segundo os níveis de referência para cultura de alface da 5ª aproximação (FONTES, 1999), entretanto, para que os teores de P do solo sejam utilizados no processo decomposição, os resíduos precisam ser incorporados ao solo e não houve tempo para tal. Outros compostos presentes nos materiais e não avaliados neste trabalho, como lignina e polifenol, podem também explicar a decomposição diferenciada dos materiais.

A quantidade liberada de N, K e micronutrientes diferiram entre os materiais ao final dos 45 dias. Os resíduos de bananeira liberaram a maior quantidade de N (Tabela 6). A

bananeira liberou entre 6 e 32 vezes mais K do que a capoeira, a grama e o bambu e aportou 395,93 kg ha<sup>-1</sup> desse nutriente ao solo. Esse aporte supera em mais do triplo a quantidade de adubação mineral de K sugerida pela 5<sup>ta</sup> aproximação (120 kg ha<sup>-1</sup>) para cultura de alface em um solo com nível baixo de K como o do experimento (FONTES, 1999). A banana possui altos teores de K que é um elemento que não faz parte da estrutura celular da planta e por isto é liberado rapidamente.

**Tabela 6.** Conteúdos inicial e final, quantidade e percentagem disponibilizada de nutrientes das coberturas do solo até os 45 dias. Médias seguidas por mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,05$ )

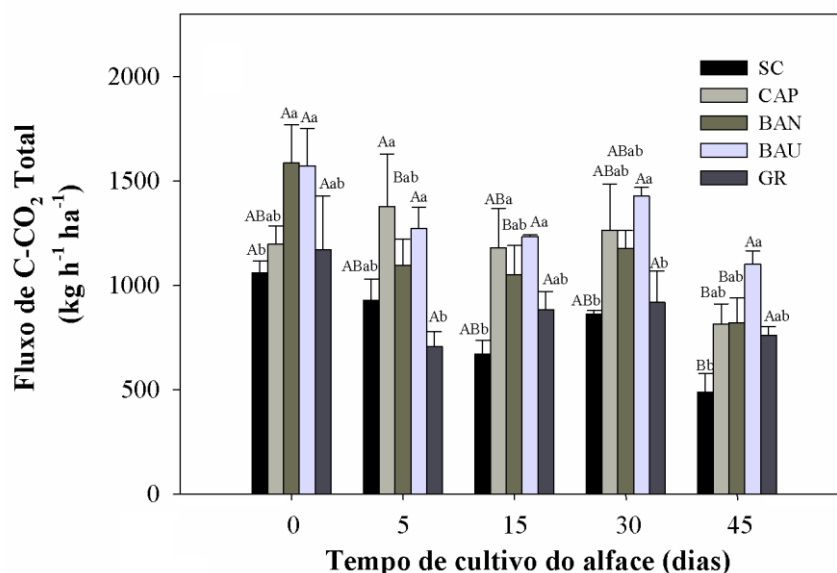
	Conteúdo inicial	Conteúdo final	Quantidade disponibilizada	
		mg		%
		Nitrogênio		
Capoeira	588.67	669.44	-80.76 b	-13.72
Bananeira	360.99	220.20	140.79 a	39.00
Bambu	412.00	433.63	-21.63 ab	-5.25
Grama	427.90	436.48	-8.58 ab	-2.01
		Fósforo		
Capoeira	19.25	21.28	-2.03 a	-10.52
Bananeira	22.88	16.48	6.40 a	27.98
Bambu	30.23	27.38	2.85 a	9.42
Grama	40.88	37.85	3.03 a	7.42
		Potássio		
Capoeira	133.06	82.22	50.84 b	38.21
Bananeira	845.92	145.13	700.79 a	82.84
Bambu	86.41	71.11	15.30 b	17.71
Grama	169.66	128.99	40.67 b	23.97
		Cálcio		
Capoeira	550.24	470.03	80.21 a	14.58
Bananeira	349.70	207.59	142.10 a	40.64
Bambu	265.55	210.64	54.91 a	20.68
Grama	94.86	111.12	-16.26 a	-17.14
		Magnésio		
Capoeira	123.96	74.35	49.60 a	40.02
Bananeira	93.03	36.45	56.58 a	60.82
Bambu	49.13	34.53	14.59 a	29.70
Grama	84.27	64.77	19.51 a	23.15
		Cobre		
Capoeira	0.38	0.37	0.01 b	1.88
Bananeira	0.09	0.07	0.02 b	24.11
Bambu	0.44	0.32	0.12 a	27.72
Grama	0.18	0.18	-0.01 b	-4.87
		Manganês		
Capoeira	19.39	18.91	0.48 b	2.48
Bananeira	16.71	9.55	7.16 a	42.87
Bambu	26.72	19.69	7.03 a	26.32
Grama	3.08	3.48	-0.41 b	-13.26
		Ferro		
Capoeira	19.72	23.30	-3.58 b	-18.17
Bananeira	13.67	12.87	0.80 b	5.87
Bambu	1107.04	62.18	1044.85 a	94.38
Grama	35.67	40.59	-4.92 b	-13.79
		Zinco		
Capoeira	1.02	1.11	-0.09 b	-8.35
Bananeira	0.55	0.47	0.08 b	15.12
Bambu	6.19	1.72	4.47 a	72.20
Grama	0.62	0.70	-0.08 b	-12.42

Em 45 dias, a bananeira foi a única cobertura que disponibilizou N para o solo. Teores de N menores que 1.74% levam à imobilização do N, como é o caso de algumas serapilheiras

e espécies não leguminosas (PALM, 1995). Todas as coberturas avaliadas possuem teor de N menor que 1,74%. No entanto, a bananeira (com teor de N de 1,52%) disponibilizou o 39% do teor inicial de N (79,54 kg ha<sup>-1</sup> de N). A não disponibilização de N na cobertura morta do bambu (Tabela 6) difere dos resultados encontrados por Oliveira et al. (2008) ao estudar, em Seropédica (RJ) coberturas mortas em cultura de alface. Cobertura morta de bambu com teor de 1,18 dag kg<sup>-1</sup> de N e com relação C/N de 36, liberou 16,1 % de N em 35 dias, equivalente a 158,31 kg ha<sup>-1</sup> de N (OLIVEIRA et al., 2008). Segundo Pinto et al. (2009), serapilheira de uma floresta inicial na Zona da Mata de Viçosa (MG) necessitou de 120 dias (tempo bem maior do que os 45 dias utilizado em nosso estudo) para mineralizar 20 % do N da serapilheira.

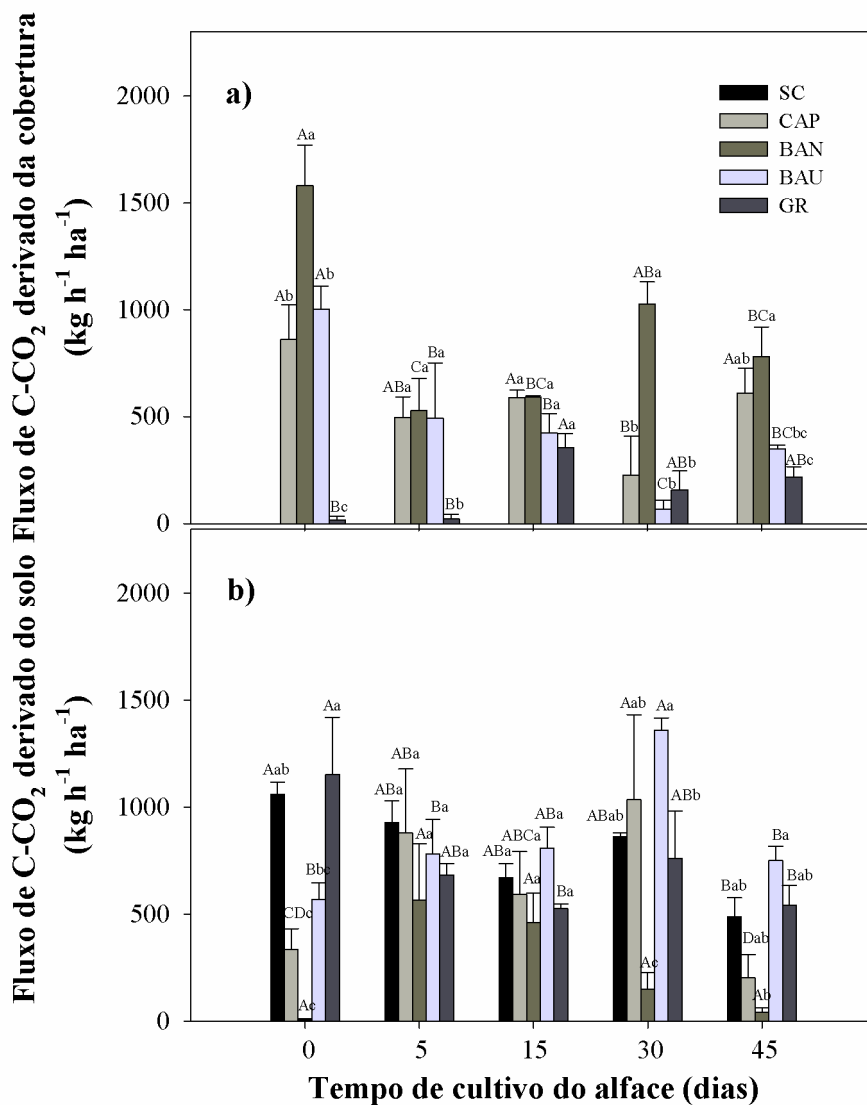
## 2.2 Fluxo de CO<sub>2</sub> e efeito *priming*

O menor fluxo de CO<sub>2</sub> total foi encontrado no tratamento sem cobertura e o maior com a cobertura de bambu. Houve diminuição do fluxo ao longo do tempo para o tratamento sem cobertura (Figura 5).



**Figura 5.** Fluxo de C-CO<sub>2</sub> Total (kg h<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>; a) ao longo do tempo de cultivo de alface (0, 5, 15, 30 e 45 dias) sem cobertura vegetal (SC), com cobertura de capoeira (CAP), bananeira (BAN), bambu (BAU) e grama (GR). Letras maiúsculas iguais indicam que não houve diferença, pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ) para a mesma cobertura ao longo do tempo. Enquanto letras minúsculas iguais indicam que não houve diferença, pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ) entre as diferentes coberturas no mesmo tempo de amostragem. Barras verticais representam o erro padrão em torno da média

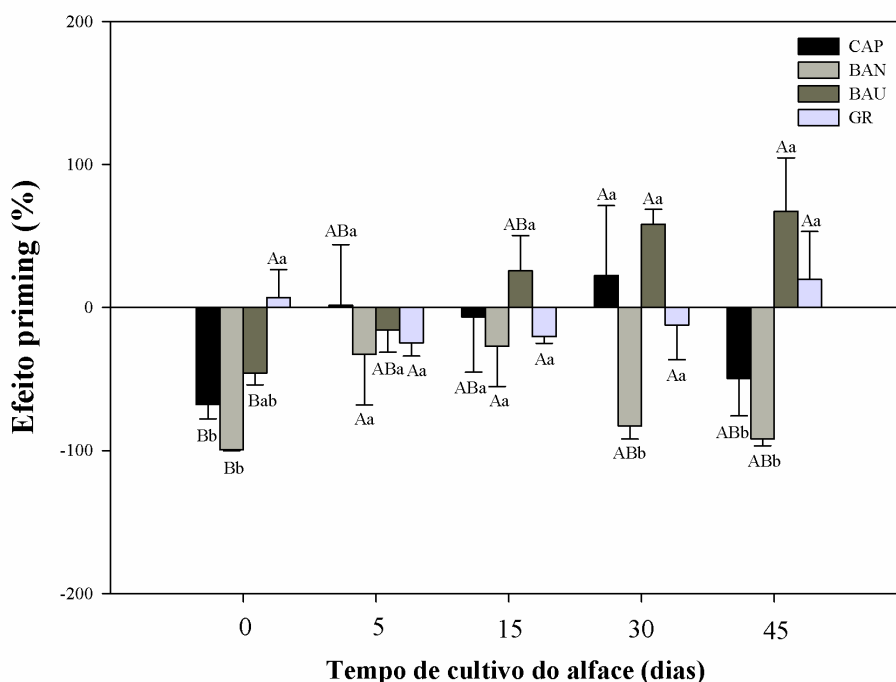
O fluxo do tratamento com bananeira foi originário principalmente da cobertura, o maior ( $\alpha=0,10$ ) em relação às outras coberturas, e não do solo, o menor ( $\alpha=0,10$ ) em relação às demais coberturas (Figura 6a). As taxas de liberação de CO<sub>2</sub> relacionadas à cobertura com bananeira corroboram os resultados de decomposição, onde os resíduos da bananeira tiveram a maior taxa de decomposição entre as coberturas avaliadas e; com o não efeito *priming* em todos os tempos (Figura 7).



**Figura 6.** a) Fluxo de C-CO<sub>2</sub> derivado da cobertura (kg h<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>) e b) do solo (kg h<sup>-1</sup> ha<sup>-1</sup>); ao longo do tempo de cultivo de alface (0, 5, 15, 30 e 45 dias) sem cobertura vegetal (SC), com cobertura de capoeira (CAP), bananeira (BAN), bambu (BAU) e grama (GR). Letras maiúsculas iguais indicam que não houve diferença, pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ), para a mesma cobertura ao longo do tempo. Enquanto letras minúsculas iguais indicam que não houve diferença, pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ), entre as diferentes coberturas no mesmo tempo de amostragem. Barras verticais representam o erro padrão em torno da média

A grama apresentou o menor ( $\alpha = 0,10$ ) fluxo de CO<sub>2</sub> derivado das coberturas (Figura 6a). Isto também corrobora os dados de decomposição, pois a grama apresentou a segunda menor taxa de decomposição depois da capoeira.

Aos 30 e 45 dias, a cobertura de bambu apresentou os maiores fluxos de CO<sub>2</sub> derivados do solo, o que concorda com o maior efeito *priming* nestes dois momentos de medição (Figura 7).



**Figura 7.** Efeito *priming* (%) ao longo do tempo de cultivo de alface (0, 5, 15, 30 e 45 dias) com cobertura de capoeira (CAP), bananeira (BAN), bambu (BAU) e grama (GR). Letras maiúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ) para a mesma cobertura ao longo do tempo. Enquanto letras minúsculas iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ) no mesmo tempo de amostragem para as diferentes coberturas vegetais. Barras verticais representam o erro padrão em torno da média

As coberturas de capoeira, bananeira e bambu incrementaram a atividade microbiana indicada por um fluxo total de CO<sub>2</sub> superior ao tratamento controle. Outros estudos tem mostrado maiores fluxos de CO<sub>2</sub> com a presença de cobertura em relação ao controle sem cobertura em cultivo de cana em São Paulo (SIGNOR et al., 2014).

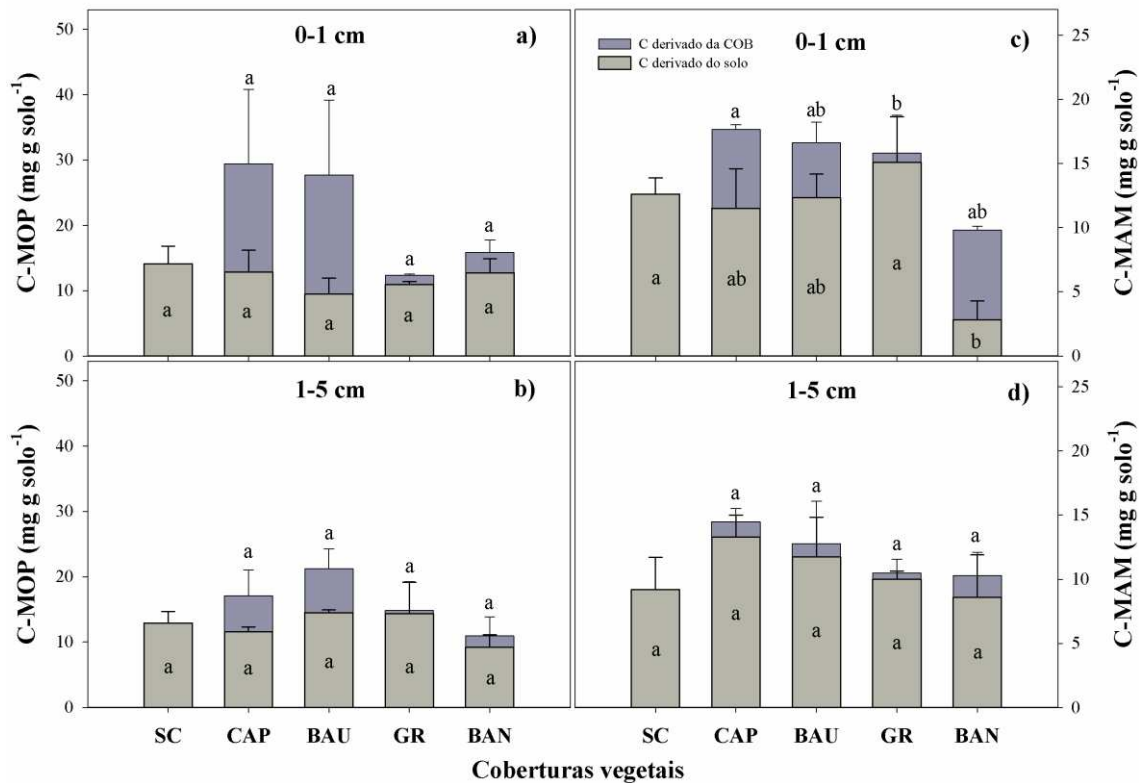
No tratamento com bananeira, houve uso preferencial da matéria orgânica fresca decrescendo a mineralização da matéria orgânica do solo (efeito *priming* negativo). No caso do bambu, o incremento da atividade microbiana acelerou a mineralização da matéria

orgânica do solo (efeito *priming* positivo). Segundo Fontaine et al. (2004), as perdas de C do solo incrementam quando os microrganismos do solo estão limitados nutricionalmente. As altas relações C/N e C/P da cobertura de bambu puderam limitar o N e o P disponível para os microrganismos, forçando eles a procurar na MOS. No entanto, Guenet et al. (2004) sugerem que uma vez alterada a matéria orgânica fresca, os microrganismos que estavam previamente mineralizando MOS poderiam mudar para a matéria orgânica fresca (efeito *priming* negativo). Esses mecanismos antagônicos de efeito *priming* positivo e negativo podem ocorrer ao mesmo tempo e portanto não há relação linear entre a adição de materiais frescos e o aumento na intensidade do efeito *Priming*. Assim, um cenário futuro de efeito *Priming* decorrente do uso da cobertura de bambu num novo ciclo de alface poderia mostrar um efeito *priming* negativo, onde sejam mineralizados os compostos do bambu favorecendo à cultura de alface. A produção de alface superior para o segundo ciclo de cultura com cobertura de bambu encontrados por Oliveira et al. (2008), podem estar correlacionados com isso.

### **2.3 Carbono da Matéria Orgânica Particulada e associada aos Minerais**

O C da matéria orgânica particulada (C-MOP) não diferiu entre os tratamentos, em nenhuma das duas camadas de solo ( $\alpha=0,10$ ) o que pode ser consequência da alta variabilidade encontrada nos dados de C-MOP (Figura 8a).

No entanto, os teores de C-MOP são em geral maiores que os de C-MAM em todos os tratamentos, como também encontrado por outros autores, a exemplo de Lima et al. (2016), que encontrou maiores teores de C-MOP (em relação aos de C-MAM) na camada 0 a 5 cm do solo coberto com resíduos de palhada em sistema de plantio direto.



**Figura 8.** Teores ( $\text{mg g solo}^{-1}$ ) de carbono da matéria orgânica particulada (C-MOP) e carbono da matéria orgânica associada aos minerais (C-MAM), nas camadas 0 a 1 e 1 a 5 de solo coletado em plantio de alface sem cobertura de solo (SC) e com diferentes coberturas (COB), sendo elas resíduos de capoeira (CAP), bambu (BAU), grama (GR) e bananeira (BAN). Letras iguais não diferem pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ). Barras verticais representam o erro padrão em torno da média.

Os teores de C-MOP derivado da cobertura dos tratamentos com capoeira e com bambu apresentaram valores aproximadamente 5 vezes maiores aos demais tratamentos nas duas camadas do solo. Esses maiores teores podem ser explicados pelo fato de os restos culturais da capoeira e o bambu serem menos suscetíveis à decomposição do que os da bananeira (Figura 4) e permaneçam mais tempo no solo, na forma de C-MOP.

O C da matéria orgânica associada aos minerais (C-MAM) apresentou diferenças entre os tratamentos na camada 0 a 1 cm do solo (Figura 8c). A cobertura de grama apresentou o menor aporte de C-MAM derivado da cobertura e o tratamento com bananeira apresentou o menor valor de C-MAM derivado do solo.

Maiores teores de C-MAM derivados da cobertura de bananeira, bambu e da capoeira indicam que o C derivados destas coberturas estão sendo protegidos física e quimicamente

pelas frações minerais do solo e com isto a decomposição da matéria orgânica do solo (MOS) é protegida devido a um processo de estabilização química (LIMA et al., 2016).

### 3. CONCLUSÃO

Todos os materiais estudados (serapilheira, bambu, grama e bananeira) podem ser utilizados como cobertura morta, embora apresentem características distintas. A capoeira decompôs mais lentamente, portanto há menor trabalho para sua renovação, mas menor disponibilização de nutrientes para as culturas. A cobertura morta de bananeira, ao contrário disponibilizou mais nutrientes, em especial K e Mg, mas decompôs rapidamente. As coberturas de bambu e a grama apresentaram taxa de decomposição intermediárias. A cobertura de grama possui os maiores teores de N e P (nutriente sabidamente limitante para as culturas dos trópicos) e a cobertura de bambu possui maiores teores e liberou maiores quantidade micronutrientes.

A bananeira, a capoeira e o bambu aumentaram a atividade microbiana, indicada pelos maiores fluxos de CO<sub>2</sub>. Ao final do ciclo do cultivo, nos canteiros com cobertura de bananeira a atividade microbiana foi maior sobre a cobertura ocasionando efeito *Priming* negativo sobre o solo e no bambu foi o contrario, ocasionando efeito *Priming* positivo.

As diferentes cobertura possuem características benéficas para o solo, portanto, os agricultores devem preferencialmente diversificar a cobertura e podem levar em consideração a disponibilidade do material na propriedade, de mão de obra e exigência das olerícolas.

## **Parte III. EFEITOS DAS COBERTURAS NA PRODUTIVIDADE DE ALFACE E NO SOLO**

### **1. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **1.1 Produtividade de alface**

O experimento foi instalado utilizando delineamento em blocos casualizados, com três repetições e cinco tratamentos, consistentes em 4 tipos de coberturas e um testemunha sem cobertura.

O preparo do solo consistiu de aração e encanteiramento com a incorporação de 9,6 kg de esterco bovino curtido por m<sup>2</sup> de solo (96 Mg ha<sup>-1</sup>). Os canteiros foram divididos em parcelas de 2 x 1 m e cada parcela foi coberta com um tipo de cobertura e uma parcela foi deixada sem cobertura (controle). As coberturas utilizadas foram 13 kg (65 Mg ha<sup>-1</sup>) de folhas e pseudocaulo de bananeira, 6 kg (30 Mg ha<sup>-1</sup>) de serapilheira de bambu, 5 kg (25 Mg ha<sup>-1</sup>) de serapilheira da capoeira e 3 kg (15 Mg ha<sup>-1</sup>) de grama.

A área experimental foi irrigada com dois micro aspersores rotores instalados a 0.5 m de altura e a uma distância de 4 m entre eles.

Plântulas de alface lisa cultivar Regina foram transplantadas em espaçamento de 0,3 x 0,3 m. O preparo do solo, a quantidade de cobertura e o plantio foram realizados segundo o manejo adotado na unidade familiar e foi realizado junto com a família. Cada parcela experimental contou com 24 plantas de alface e as 4 plantas do centro conformaram a área útil. As alfaces foram coletadas aos 45 dias. Para a avaliação da produtividade da alface foram mensurados o número de folhas, tamanho de cabeça, peso fresco e peso seco.

#### **1.2 População de Tiririca**

A população de Tiririca (*Cyperus rotundus* L.) foi estimada através de amostragem feita com o auxílio de moldura de madeira de 0,25 x 0,25 m, vinte dias após o plantio. Segundo a família, as plantas espontâneas devem ser controladas especialmente até os 20 dias. Aos nove dias foi contabilizado o tempo usado pelos agricultores para fazer controle das plantas espontâneas em canteiros sem cobertura e com cobertura.

#### **1.3 Umidade e temperatura do solo**

As avaliações de umidade e temperatura foram feitas de cinco em cinco dias desde o momento de plantio até a colheita. Amostras de solos foram acondicionados em latas de

alumínio previamente taradas, com aproximação de 0,01 g. No laboratório as latas com os solos foram pesadas, colocadas em estufa a 105°C, por 48 horas e pesadas novamente. A umidade foi calculada pela diferença entre o peso antes e depois de secar as amostras, sendo o valor expresso em termos de umidade base gravimétrica ( $\text{g g}^{-1}$ ). A temperatura do solo a 5 cm da superfície foi avaliada nos canteiros com e sem cobertura, sempre às 13 horas, com auxílio de termômetro digital portátil tipo espeto marca Lutron, modelo TM-14C (precisão  $\pm (1\% + 1^\circ\text{C})$ ).

#### **1.4 Análise dos dados**

Analises de variância (ANOVA) para os dados de número de folhas e diâmetro de cabeças foram realizadas. A normalidade dos dados foi verificada com o teste de Shapiro-Wilk e a homocedasticidade com o teste de Levene. As medias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $\alpha = 0,10$ ). Os dados de umidade e temperatura foram analisados da mesma maneira usando o teste de Cochran para conferir a homocedasticidade dos dados. A massa seca de alface foi analisada por teste não paramétrico de Kruskal-Wallis seguido do teste de z-valores para comparações múltiplas.

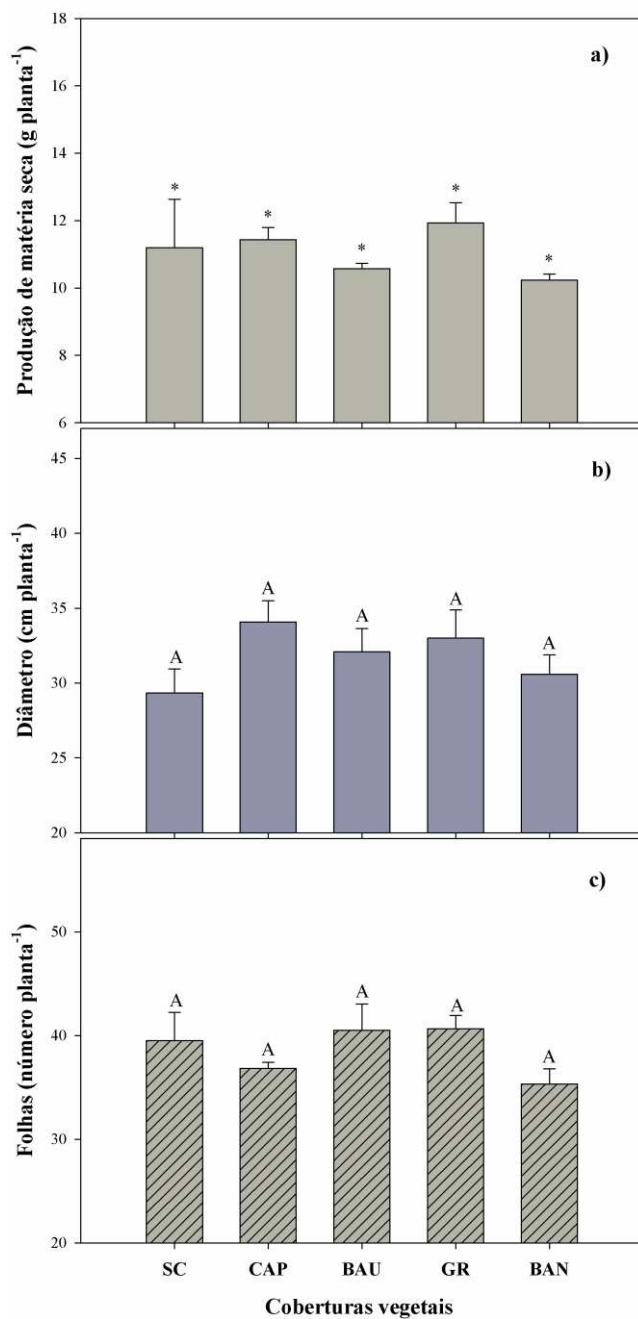
Os dados da população de Tiririca foram transformados por Box Cox. Na sequência foi realizada a ANOVA e o teste de Tukey ( $\alpha = 0,10$ ) para a comparação das médias.

## **2. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **2.1 Produtividade de alface**

A produtividade, indicada pela massa seca, diâmetro de planta e número de folhas de alface, foram similares quando a alface foi cultivada com diferentes coberturas ou sem cobertura (Figura 9). A média de matéria seca ( $10,91 \text{ g planta}^{-1}$ , Figura 9a), foi superior à encontrada por Ferreira et al. (2013) em estudo de coberturas em alface lisa cultivar Regina, em que o tratamento com cobertura de capim tifton a alface apresentou produção de massa seca de  $4.93 \text{ g planta}^{-1}$ , superior à do controle de  $2.62 \text{ g planta}^{-1}$ . O diâmetro das plantas foi semelhante nos cultivos com e sem cobertura (entre  $30,8$  e  $31,6 \text{ cm planta}^{-1}$ , Figura 9b), como observado em estudo que avaliou resíduos de leguminosa como cobertura em alface lisa cultivar Regina em Seropédica, RJ (OLIVEIRA et al. 2008). Porém, nesse estudo o diâmetro da cabeça de alface cultivada com cobertura foi maior do que a cultivada sem cobertura. O número de

folhas (Figura 9c) não apresentou diferença entre os tratamentos com a cobertura do capim e o controle como também não foi encontrada no trabalho de FERREIRA et al. 2013.

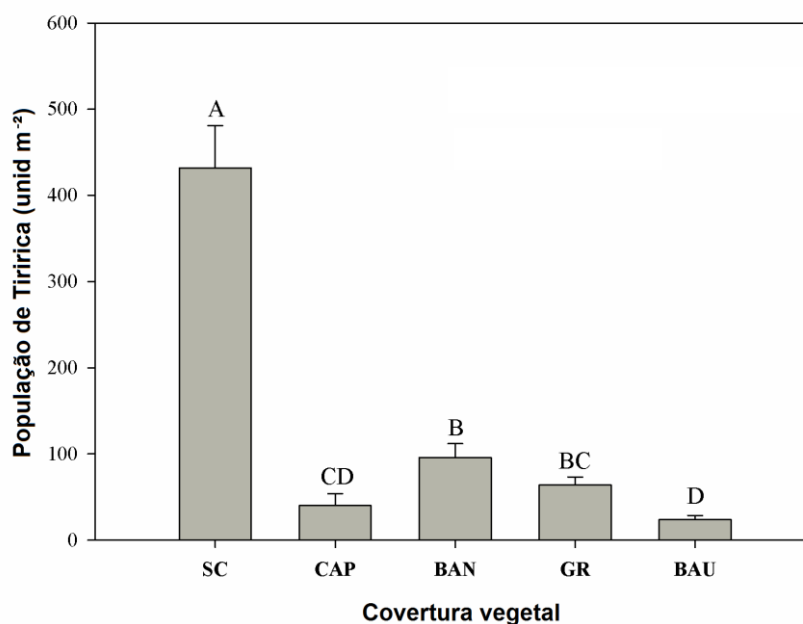


**Figura 9.** (a) Produtividade de alface expressa em massa seca, (b) diâmetro de cabeças e (c) número de folhas. SC: tratamento sem cobertura, CAP: capoeira, BAU: bambu, GR: grama, BAN: bananeira. Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ). Barras verticais representam o erro padrão em torno da média

Esses resultados mostram que mesmo no curto espaço de tempo não houve efeito negativo das coberturas sobre a produção da alface. Com o tempo, o efeito da cobertura, segundo a literatura pode resultar em aumento da produtividade. Segundo OLIVEIRA et al. (2008), a produção de alface cultivada com cobertura de bambu, foi similar a produção de alface cultivada sem cobertura no primeiro ciclo, mas superior no segundo ciclo.

## 2.2. População de Tiririca

A população de tiririca nos tratamentos com cobertura variou entre 42,67 e 122,67 plantas  $m^{-2}$  (média de 81,3 plantas  $m^{-2}$ ) e no tratamento sem cobertura foi de aproximadamente 450 plantas  $m^{-2}$ . A redução da população de tiririca foi de 81,17% em comparação ao tratamento sem cobertura. Portanto, aos nove dias após o plantio da alface todas as coberturas foram eficientes no controle de tiririca (Figura 10). Resultados semelhantes foram encontrados em estudo de coberturas em alface orgânico onde os resíduos avaliados, entre eles o bambu, reduziram a população de tiririca em 83% (OLIVEIRA *et al.* 2008).



**Figura 10.** População de tiririca por  $m^2$  vinte dias após plantio de alface para canteiros sem cobertura (SC) e com cobertura de capoeira (CAP), bananeira (BAN), grama (GR) e bambu (BAU). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ). Barras verticais representam o erro padrão em torno da média

A cobertura de bambu permitiu o maior controle da tiririca e a bananeira o menor (Figura 10). Esse resultado está relacionado com os tempos de decomposição destas coberturas (Parte 2). Em 20 dias a bananeira reduz muito seu tamanho deixando o solo descoberto e permitindo a germinação da tiririca, enquanto o bambu continua cobrindo o solo efetivamente.

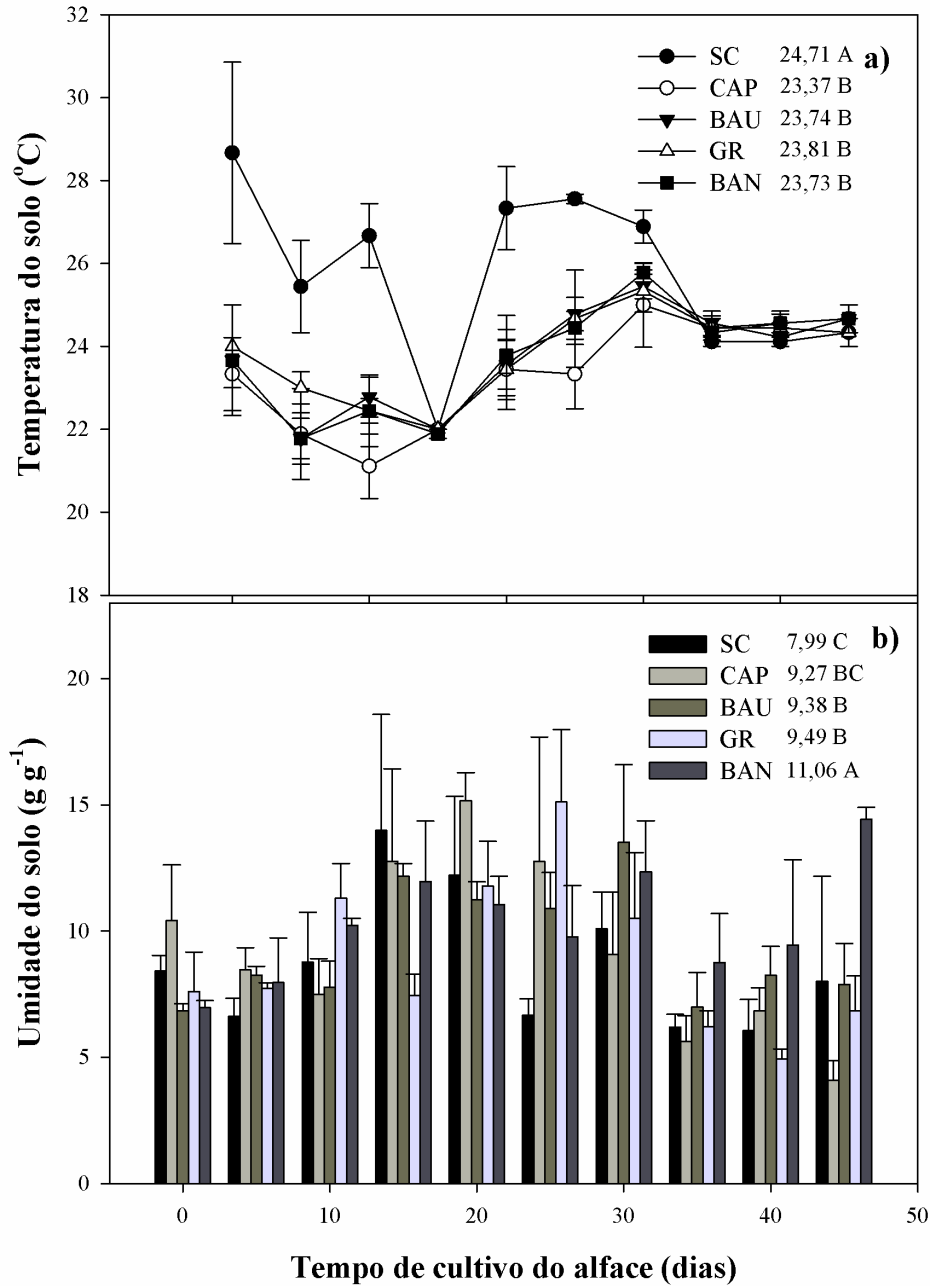
O tempo usado pelos agricultores para fazer o controle das plantas espontâneas foi em média 8 minutos para os tratamentos com cobertura e de 19 minutos para o tratamento sem cobertura. O uso da cobertura reduziu em 58% o tempo de capina. A falta de tempo é a justificativa mais comum dos agricultores para o não uso da cobertura do solo (Parte 1). Entretanto, este tempo pode ser compensado pelo menor tempo a ser desprendido no manejo da vegetação espontânea.

### **2.3 Umidade e temperatura do solo**

Foram realizadas 10 medições de temperatura e umidade do solo durante um ciclo de produção de alface. Em relação ao controle, todas as coberturas diminuíram a temperatura do solo ( $\alpha = 0,10$ ) (Figura 11a).

Em média, a cobertura reduziu a temperatura do solo 3,97 °C, até o dia 25. Nos primeiros 10 dias, a diferença foi de 4,27 °C em média. Entre o dia 10 e 30 essa diferença diminui para 2,14 °C. A partir do dia 30 e até a colheita, as temperaturas foram semelhantes para todos os tratamentos. No dia 15 a temperatura foi a mesma para todos os tratamentos provavelmente por causa da precipitação antes e durante a coleta dos dados (Figura 11a).

A umidade do solo com e sem cobertura diferiram entre si ( $\alpha = 0,10$ ). Em média, a cobertura manteve a umidade do solo em 22,6 % a mais do que no solo sem cobertura. Em geral, a umidade do solo aumentou entre o dia 15 e o dia 30 para todos os tratamentos (Figura 11b).



**Figura 11.** (a) Temperatura e (b) umidade (g de água por g de solo) da camada superficial do solo (0 a 5 cm) avaliada durante um ciclo de produção de alface em canteiro sem cobertura (SC) e com cobertura de capoeira (CAP), bambu (BAU), grama (GR) e bananeira (BAN). Letras iguais não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ( $\alpha=0,10$ ). Barras verticais representam o erro padrão em torno da média.

A cobertura de bananeira conseguiu conservar a maior quantidade de água no solo ( $11,06 \text{ g g}^{-1}$ ). Além de manter a umidade no solo, a bananeira pode ter adicionado água nos primeiros dias, já que ela contém 80 % de água (Parte 2). Embora a umidade do solo com

cobertura de capoeira ( $9,27 \text{ g g}^{-1}$ ) tenha sido 16% a mais do que o controle ( $7,99 \text{ g g}^{-1}$ ), elas não diferiram estaticamente entre si. A capoeira pode ter composição hidrofóbica que pode dificultar o umedecimento do solo principalmente nos períodos de irrigação após secagem da camada de serapilheira. Compostos n- alcanóicos saturados, insolúveis em água, foram a principal classe de compostos encontrados em estudo da composição lipídica da serapilheira e do solo em floresta da Mata Atlântica do sudeste do Brasil (ASSIS et al. 2011). Além disso, o sistema de irrigação usado não permitiu um umedecimento homogêneo das parcelas, onde os tratamentos com capoeira foram prejudicados pela menor quantidade de água recebida.

Resultados semelhantes foram encontrados em experimento de avaliação de coberturas em cenoura onde os resíduos conseguem diminuir a temperatura em  $3,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$  e manter a umidade 2,3% acima do tratamento controle em Marília, SP (RESENDE et al. 2005).

### **3. CONCLUSÕES**

As coberturas não prejudicaram a produção de alface. Elas diminuíram a temperatura ( $3,97 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e aumentaram a umidade (22,6%) do solo. As coberturas também diminuíram o crescimento tiririca nos canteiros durante o ciclo do cultivo (81,17% aos 20 dias após plantio) e reduziram em um 58% o tempo para o controle manual da vegetação espontânea.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

As coberturas do solo com resíduos vegetais originários das unidades familiares produtoras de hortaliças agroecológicas permitem conciliar a produção com o cuidado do solo e com o respeito às afinidades de manejo da horta e a cultura das famílias que as produzem. Essa prática permite a melhoria da qualidade do solo ao ativar a vida microbiana através da diminuição da temperatura superficial, do aumento da umidade do solo, da ciclagem de nutrientes e da matéria orgânica. A melhoria da qualidade do solo é fundamental para garantir a produção agroecológica.

As unidades familiares de produção de hortaliças agroecológicas possuem recursos vegetais que podem ser mais explorados como cobertura morta. A serapilheira de bambu, de capoeira, aparas de grama e resíduos de bananeira normalmente estão presentes nas unidades familiares e podem ser usados como cobertura para a proteção do solo cultivado com hortaliças. O uso de insumos presentes na unidade familiar é um dos princípios da produção agroecológica, pois fortalece a autonomia das famílias em relação ao mercado de insumos agropecuários. Entretanto, o uso de serapilheiras de mata deve respeitar a legislação vigente, estabelecida no código florestal.

A priorização de mão de obra para a prática das coberturas é conflituosa para os agricultores, mesmo percebendo os benefícios da prática. No entanto, as atividades realizadas durante a pesquisa contribuíram para gerar a reflexão e problematização sobre o tema, em especial durante o último intercâmbio quando o resultado dos tempos necessários para colocar a cobertura morta e para controlar a vegetação espontânea foram socializados. É provável que tais problematizações continuaram a ocorrer durante as ações da Rede Raízes da Mata e irão contribuir para as tomadas de decisão dos agricultores no momento de priorizar as atividades de manejo de suas hortas conciliando produção e cuidado do solo.

Outras pesquisas deverão ser realizadas utilizando vários ciclos de cultivo para identificar o efeito das coberturas ao longo do tempo na produtividade das hortaliças. Há vários outros materiais presentes nas propriedades dos agricultores que possuem potencial de uso como cobertura do solo e que devem ser estudados. Para que tais pesquisas influenciem na tomada de decisão das famílias agricultoras é importante que as mesmas sejam realizadas em articulação com elas.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ V.; V.H., NOVAIS, R.F.; DIAS, L.E. & OLIVEIRA, J.A. Determinação e uso do fósforo remanescente. **Boletim Informativo – SBCS**. Viçosa MG. v.25, n.1, p.27-32, 2000.

ASSIS, C. P.; VILA, F. J.; JUCKSCH, I.; PÉREZ, J. A.; NEVES, J. C.; LANI, J. L.; MENDONÇA, E. S. Lipid abundance and composition of a humic Oxisol as a function of land use. **Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)**, v.68, n.2, p.230-236, mar./abr. 2011.

BRITO, R. R.; SILVEIRA, A. T.; UCHÔA, K. S.; UCHÔA, C. N. **Avaliação da alface cv. elba em diferentes coberturas de solo**. In: CONGRESSO TÉCNICO CIENTÍFICO DA ENGENHARIA E DA AGRONOMIA CONTECC, 2015, Centro de Eventos do Ceará - Fortaleza – CE. **Resumo**. Fortaleza: CONTECC, 2015.

CARDONA, D. F. **Caracterización de la ceniza de hojas de bambú y su influencia como material puzolánico en el concreto**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Universidad EAFIT, Medellín, Colombia, 2013.

CARDOSO, I. M.; JANSSEN, B. H.; OENEMA, O.; KUYPER, T. W. Phosphorus pools in Oxisols under shaded and unshaded coffee systems on farmers' fields in Brazil. **Agroforestry Systems**, v.58, p. 55–64, 2003.

CARDOSO, I. M.; MUGGLER, C. C.; FÁVERO, C.; MENDONÇA, E. S.; OLIVEIRA, T. S.; LIMA, A. C. R. CASALINHO, H. D.; FERNANDES, R. B. A. **Ressignificar nossas percepções sobre o solo: atitude essencial para manejar agroecossistemas sustentáveis**. In: CARDOSO, I. M.; FÁVERO, C. (ed.). **Solos e agroecologia**. Brasília: Embrapa, 2018. Cap. 1.

COLLIN, B.; DOELSCH, E.; KELLER C.; PANFILI, F.; MEUNIER, J. D. Distribution and variability of silicon, copper and zinc in different bamboo species. **Plant Soil**, v.351, p.377–387, 2012.

COSTA, G. S.; RODRIGUES, A. C.; CUNHA, G. M. Decomposição e liberação de nutrientes da serapilheira foliar em povoamentos de *Eucalyptus Grandis* no norte fluminense. **Revista Árvore**, Viçosa, MG, v.29, n.4, p. 563-570, 2005.

CRUZ, N. A.; ZANELLI, F. V.; BORGES, K. S.; LADEIRA, I. F.; BARRETO, E. M.; CARDOSO, I. M. **Rede Raízes da Mata: relocalizando a agricultura familiar camponesa na Zona da mata Mineira**. In: VIII Congresso Brasileiro de Agroecologia, 2013, Porto Alegre. **Resumo**. Cadernos de Agroecologia Vol 8, No. 2, Nov, 2013.

DEFELIPO, B.V. & RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo (metodologia)**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 1997. 26p. (Boletim de extensão 29).

DUARTE, E. M. G. **Árvores em sistemas agroflorestais: ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica do solo**. 2011. 135 f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

DUARTE, E. M. G.; CARDOSO, I. M.; STIJNEN, T. MENDOÇA, M. A.; COELHO, M. S.; CANTARUTTI, R. B.; KUYPER, T. W.; VILLANI, E. M.; MENDONÇA, E. S. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforest Syst** v.87, p. 835–847, 2013.

ELLIOTT, E. T.; CAMBARDELLA, C. A. Particulate soil organic-matter changes across a grassland cultivation sequence. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.56, p.777-783, 1992.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA-EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

FERREIRA, A. G. e AQUILA, M. E. A. Alelopatia: Uma área emergente da ecofisiologia. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v. 12(Edição Especial), p. 175-204, 2000.

FERREIRA, I. C.; ARAUJO, A. V.; NASCIMENTO, A. L.; CAVALCANTI, T. F.; SANTOS, L. D. Cobertura morta e adubação orgânica na produção de alface e supressão de plantas daninhas. **Rev. Ceres**, Viçosa, v. 60, n.4, p. 582-588, jul./ago. 2013.

FONTAINE, S.; BARDOUX, G.; ABBADIE, L.; MARIOTTI, A. Carbon input to soil may decrease soil carbon content. **Ecology Letters**, v. 7, p.314–320, 2004.

FONTES, P. C. R. **Alface**. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T.; ÁLVAREZ, V. H. (ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª Aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. cap. 18, p. 177.

GUENET, B.; NEILLA, C.; BARDOUX, G.; ABBADIE, L. Is there a linear relationship between priming effect intensity and the amount of organic matter input? **Applied Soil Ecology** v.46, p. 436–442, 2010.

HORWATH, W. **Carbon cycling and formation of soil organic matter**. In: Eldor A. P.(ed.) **Soil Microbiology, Ecology and Biochemistry**, Academic Press, 2006, cap. 12, p. 339-382.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. Dados meteorológicos estação automática de Viçosa, MG. Disponível em: [http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg\\_dspDadosCodigo\\_sim.php?QTUxMA](http://www.inmet.gov.br/sonabra/pg_dspDadosCodigo_sim.php?QTUxMA). Acessado em: 25 de fevereiro de 2019.

LEPORATI, M; SALCEDO, S.; JARA, B.; BOERO, V.; MUÑOZ, M. **La agricultura familiar en cifras**. In: SALCEDO, S.; GUZMÁN, L. (ed.). **Agricultura Familiar en América Latina y el Caribe: Recomendaciones de Políticas**. Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2014.

LIMA, C. E. P.; FONTENELLE, M. R.; MADEIRA, N. R.; SILVA, J; GUEDES, I. M; SILVA, L. R.; SOARES, D. C. Compartimentos de carbono orgânico em Latossolo cultivado com hortaliças sob diferentes manejos. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.51, n.4, p.378-387, abr. 2016.

LIMA, P. C.; MELO, M. W.; SILVA, A. C. H.; FIALHO, M. E.; PEREIRA, S. P. R. **Avaliação de doses de misturas de materiais orgânicos na produção de café em propriedades familiares das matas de minas.** In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Curitiba, 2015. **Resumo.** Curitiba: SPCB, 2015.

MAAS, P.; MAAS, H. **Zingiberaceae.** In: Lista de Espécies da Flora do Brasil. Rio de Janeiro: Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB110705>>. Acesso em 9 jan. 2019.

MACHADO, A. Q.; PASQUALOTTI, M. E.; FERRONATO, A.; CAVENAGHI, A. L. Efeito da cobertura morta sobre a produção de alface crespa, cultivar cinderela, em Várzea Grande-MT. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, jul-ago, 2008.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. **Matéria orgânica do solo: métodos de análises/editores.** 2ª. Edição. Viçosa, MG: UFV-Gefert, 2017.

MENEZES, C. E.; PEREIRA, M. G.; CORREIA, M. E.; ANJOS, L. H.; PAULA, R. R.; DE SOUZA, M. E. Aporte e decomposição da serapilheira e produção de biomassa radicular em florestas com diferentes estágios sucessionais em Pinheiral, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 20, n. 3, p. 439-452 jul.-set., 2010.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO [MAPA]. **Controle social na venda direta ao consumidor de produtos orgânicos sem certificação.** Secretaria de Desenvolvimento Agropecuário e Cooperativismo. Brasília: Mapa/ACS, 2008. 24 p.

NOBRE, C. M.; LÁZARO, M. L.; SANTO, M. M. E; PEREIRA, M. G.; BERBARA, R. L. R. Agregação, glomalina e carbono orgânico na chapada do Araripe, Ceará, Brasil. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 1, p. 138 – 147, jan. – mar., 2015.

OLIVEIRA, F. F.; GUERRA, J. G. M; ALMEIDA, D. L.; RIBEIRO, R. L. D.; ESPINDOLA, J. A. A.; RICCI, M. S. F.; CEDDIA, M.B. Avaliação de coberturas mortas em cultura de alface sob manejo orgânico. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v. 26, n. 2, abr-jun. 2008.

OLIVEIRA, R.M. **Quintais e uso do solo em propriedades familiares.** 2015. 118 f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2015.

OLSON, J. S. Energy Storage and the Balance of Producers and Decomposers in Ecological Systems. **Ecology**, v. 44, n. 2, abr. p. 322-331, 1963.

PALM C. A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants. **Agroforestry Sciences**, Kluwer Academic Publishers, v. 30, p. 105-124, 1995.

PAULA, R. R.; PEREIRA, M. G.; DE MENEZES, L. F. Aporte de nutrientes e decomposição da serapilheira em três fragmentos florestais periodicamente inundados na Ilha da Marambaia, RJ. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 19, n. 2, p. 139-148, abr.-jun., 2009.

PINTO, S. I.; MARTINS, S. V.; BARROS, N. F.; DIAS, H. C. Ciclagem de nutrientes em dois trechos de floresta estacional semidecidual na reserva florestal Mata do Paraíso em Viçosa, MG, Brasil. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.33, n.4, p.653-663, 2009.

PLOEG, J. D. V. **Sete teses sobre a agricultura camponesa. Agricultura familiar camponesa na construção do futuro**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2009. p.16-31.

PRIMAVESI, A. **O manejo ecológico do solo: agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1982.

RESENDE, F. V.; SOUZA, L. S.; OLIVEIRA, P. S.; GUALBERTO R. Uso de cobertura morta vegetal no controle da umidade e temperatura do solo, na incidência de plantas invasoras e na produção da cenoura em cultivo de verão. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 29, n. 1, p. 100-105, jan./fev. 2005.

SANTOS, S. B.; PEDRALLI, G.; MEYER, S.T. Aspectos da fenologia e ecologia de *Hedychium Coronarium* (Zingiberaceae) na Estação Ecológica do Tripuí, Ouro Preto-MG. **Planta Daninha**, Viçosa-MG, v. 23, n. 2, p. 175-180, 2005.

SANTOS, S. S.; ESPÍNDOLA, J. A. A.; GUERRA, J. G. M.; LEAL, M. A. A.; RIBEIRO, R. L. D. Produção de cebola orgânica em função do uso de cobertura morta e torta de mamona. **Horticultura Brasileira**, Brasília, DF, v.30, p. 549-552, 2012.

SIGNOR, D.; PISSIONI, L. M.; CERRI, C. E. P. Emissões de gases de efeito estufa pela deposição de palha de cana-de-açúcar sobre o solo. **Bragantia**, Campinas, v. 73, n. 2, p. 113-122, jun. 2014. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/brag.2014.019>. Acesso em 18 fev. 2019.

SILVA, C. J.; LOBO, F. A.; BLEICH, M. E.; SANCHES, L. Contribuição de folhas na formação da serrapilheira e no retorno de nutrientes em floresta de transição no norte de Mato Grosso. **Acta Amazônica**, Manaus, AM, v. 39, n.3, p. 591-600, 2009.

SISTEMA BRASILEIRO DE CLASIFICAÇÃO DE SOLOS – SBCS. SANTOS H.G. (ed.) 5. ed. Brasília, DF: EMBRAPA, 2018.

SIX, J.; ELLIOTT, E. T.; e PAUSTIAN, K. Aggregate and Soil Organic Matter Dynamics under Conventional and No-Tillage Systems. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.63, p.1350–1358, 1999.

SOMMER, S.G.; HUTCHINGS, N.J. Ammonia emission from field applied manure and its reduction. **European Journal of Agronomy** v.15, p. 1-15, 2001.

SOUZA, I. F.; BARROS, N. F.; SILVA, I. R.; RENIER, R. F.; SILVA, L. A.; NOVAIS, R. F. Decomposition of eucalypt harvest residues as affected by management practices, climate and soil properties across southeastern Brazil. **Forest Ecology and Management**, n. 374, p. 186–194, 2016.

TISDALL, J. M.; OADES, J. M. Organic matter and water-stable aggregates in soils. **Journal of Soil Science**, n. 33, p. 141-163, 1982.

VERDEJO, M. E. **Diagnóstico Rural Participativo: guia prático DRP**. Brasília: MDA/Secretaria da Agricultura Familiar, 2010.

WANDERLEY, M. N. Agricultura familiar e Camponato : rupturas e continuidade. **Estudos Sociedade e Agricultura**, Rio de Janeiro, v. 11, n. 21, p. 42-61, out. 2003.