

VINICIUS SOUZA PINTO

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS
VEGETAIS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NO SUL DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO**

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

**VIÇOSA
MINAS GERAIS- BRASIL
2016**

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

T

P659d
2016
Pinto, Vinicius Souza, 1988-
Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos
vegetais em sistemas agroflorestais, no sul do estado do
Espírito Santo / Vinicius Souza Pinto. - Viçosa, MG, 2016.
ix, 44f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador : Haroldo Nogueira de Paiva.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de
Viçosa.
Inclui bibliografia.

1. Sistemas agroflorestais - Espírito Santo. 2. Resíduos
vegetais - Cafeeiro. 3. Resíduos vegetais - Ingá (Botânica).
4. Resíduos vegetais - Bananeira. I. Universidade Federal de
Viçosa. Departamento de Engenharia Florestal. Programa
de Pós-graduação em Ciência Florestal. II. Título.

CDD 22 ed. 634.928152

VINICIUS SOUZA PINTO

**DECOMPOSIÇÃO E LIBERAÇÃO DE NUTRIENTES DE RESÍDUOS
VEGETAIS EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS, NO SUL DO ESTADO DO
ESPÍRITO SANTO**

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

APROVADA: 28 de Julho de 2016

**Haroldo Nogueira de Paiva
(Orientador)**

Silvio Nolasco de Oliveira Neto

Samuel Vasconcelos Valadares

Dedico,

À todos aqueles que acreditam
nos Sistemas Agroflorestais e na
Agroecologia

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço à Deus, sem ele nada disse seria possível.

À CAPES, CNPq e FAPEMIG, pelo apoio à pesquisa.

Aos Professores Haroldo Nogueira de Paiva e Eduardo de Sá Mendonça, por toda a presteza e agilidade, para me atender e resolver os problemas, sempre que foram solicitados.

Aos agricultores Guido Antônio, Joaquim e sua esposa Eliana Demartini, por me receberem em suas propriedades e prestarem todo o apoio.

À Universidade Federal de Viçosa, por esses inesquecíveis anos que passei aqui.

Ao Departamento de Engenharia Florestal, por fornecer toda a estrutura, base para a minha formação.

À minha família por sempre me apoiar e dar força, independente das situações. E um agradecimento especial à minha noiva Joana, pela imensa ajuda prestada, fundamental para o término desse trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	v
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	viii
ABSTRACT.....	ix
1. Introdução.....	1
2. Revisão Bibliográfica.....	3
2.1. O Território do Caparaó Capixaba.....	3
2.2. Sistemas Agroflorestais.....	4
2.3. Matéria Orgânica do Solo.....	8
2.4. Ciclagem de nutrientes.....	9
2.5. Café arábica em sistemas agroflorestais.....	11
2.6. Banana em Sistemas Agroflorestais.....	13
2.7. Ingá em Sistemas Agroflorestais.....	13
3. Material e Métodos.....	15
3.1. Área de Estudo.....	15
3.2. Descrição dos experimentos.....	16
3.3. Análises químicas.....	18
4. Resultados e Discussão.....	21
4.1. Caracterização química.....	21
4.2. Massa seca.....	21
4.3. Liberação de nutrientes.....	26
5. Conclusões.....	38
6. Referências Bibliográficas.....	39

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Municípios que compõe o Território do Caparaó Capixaba e sua localização no Estado do Espírito Santo. Fonte: Adaptado do PTDRSS (CTC, 2009).....	4
Figura 2: Localização de Alegre no Estado do Espírito Santo, limites administrativos do município, com destaque para as comunidades rurais. Apontadas pela seta azul as comunidades de Bom Ver e Lagoa Seca. Fonte: Adaptado de IJSN (2014).	15
Figura 3: Precipitação (barras) e temperaturas médias (linhas tracejadas) no município de Alegre, no período de realização do experimento.	16
Figura 4: Massa seca remanescente, ao fim do experimento, dos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1....	22
Figura 5: Massa seca remanescente, ao fim do experimento, dos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2....	23
Figura 6: P restante, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.....	27
Figura 7: P restante, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.....	27
Figura 8: N remanescente, ao fim do experimento nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.....	30
Figura 9 N remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.....	30
Figura 10: Mudanças na relação C/N para os quatro tratamentos, nos SAF....	31
Figura 11 Conteúdo de K remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1....	32

Figura 12: K remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.	33
Figura 13: Ca remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1	34
Figura 14 Ca remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2	35
Figura 15: Mg remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1	36
Figura 16: Mg remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2	36

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Propriedade químicas de pseudocaule de bananeira (<i>Musa cavendishii</i>).....	13
Tabela 2: Análise química dos solos dos dois sistemas agroflorestais usados no experimento.....	17
Tabela 3: Caracterização química dos resíduos vegetais, em % de massa seca.....	21
Tabela 4: Médias das massas secas (g), das diferentes misturas, ao final do experimento.....	24
Tabela 5: Teor médio de fósforo (dag kg^{-1}) por tratamento, ao final do experimento.....	28
Tabela 6: Teor médio de nitrogênio (dag kg^{-1}) por tratamento, ao final do experimento.....	31
Tabela 7: Teor médio de magnésio (dag kg^{-1}), por tratamento, ao final do experimento.....	37

RESUMO

PINTO, Vinícius Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2016. **Decomposição e liberação de nutrientes de resíduos vegetais em sistemas agroflorestais, no sul do estado do Espírito Santo.** Orientador: Haroldo Nogueira de Paiva. Coorientador: Eduardo de Sá Mendonça.

As regiões tropicais concentram grande biodiversidade natural. No entanto, a agricultura convencional, não incorporou essa biodiversidade aos seus processos produtivos. Sistemas Agroflorestais (SAFs), são sistemas produtivos que buscam consorciar, pelo menos um componente arbóreo aos cultivos agrícolas. Esses sistemas contribuem para melhor produção de matéria orgânica e ciclagem de nutrientes, essenciais para garantir a sustentabilidade na agricultura tropical. Buscando contribuir para o conhecimento acerca da ciclagem de nutrientes em SAFs, este trabalho avaliou a decomposição e liberação de nutrientes por resíduos vegetais de cafeeiro (*Coffea arábica*), ingá (*Inga* sp.) e bananeira (*Musa* sp.) em sistemas agroflorestais no Estado do Espírito Santo. O estudo foi desenvolvido em duas propriedades rurais de agricultores familiares em Alegre-ES. Foram utilizados litterbags preenchidos com diferentes misturas de material vegetativo das três espécies citadas. Os litterbags foram levados a campo para avaliar a liberação de nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) e redução de massa seca a cada 60 dias durante um ano. Para a liberação de N, houve diferenças entre os tratamentos, sendo que, aqueles que continham ingá apresentaram os maiores teores. O nutriente que se disponibilizou mais rapidamente foi o K com liberação rápida até os 180 dias. Em relação ao Ca e Mg, ocorreu imobilização em todos os tratamentos. O P tem sua mineralização efetiva a partir dos 180 dias. Já o nitrogênio, apresenta tendência a mineralização a partir dos 300 dias. Pelos baixos níveis de P presentes no solo do SAF2, as podas se mostraram importantes para incrementar a ciclagem deste elemento evitando assim que grande parte dele fique imobilizada nos tecidos do ingá. A combinação de espécies de mais rápida decomposição e liberação de nutrientes, com aquelas de decomposição mais lenta é importante para um fluxo mais contínuo de nutrientes, podendo garantir maior aproveitamento da adubação mineral

ABSTRACT

PINTO, Vinícius Souza, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July, 2016. **Decomposition and nutrient release of plant residues in agroforestry systems in the southern state of Espírito Santo.** Adviser:: Haroldo Nogueira de Paiva. Co-adviser: Eduardo de Sá Mendonça.

Tropical regions concentrate a large natural biodiversity. However, in conventional agriculture, it was not incorporated. Agroforestry systems are productive systems that seek consorting at least one tree component to the agricultural. These systems contribute to the production of organic matter and nutrient cycling, essential to ensure sustainability in tropical agriculture. Seeking to contribute to the knowledge of nutrient cycling in agroforestry systems, this study evaluated the decomposition and release of nutrients for plant residues of *Coffea arabica*, *Inga* sp. and *Musa* sp. in agroforestry systems in the State of Espírito Santo. The study was conducted in two farms of family farmers in Alegre-ES. Litterbags was used filled with different mixtures of plant material of the three species mentioned. The litterbags field were taken to evaluate the release of nutrients (N, P, K, Ca and Mg) and reduced dry weight every 60 days in a year. The quadratic regression model was the best fit for dry mass reduction and release of nutrients in the two agroforestry systems.. For N, there were differences between treatments, and the ones containing *Inga* showed the highest levels. The nutrient that is released faster K, with quick release up to 180 days. Residues are shown a source of rapidly available K. As for Ca, Mg immobilization occurred in all treatments. The P has its effective mineralization from 180 days. Since nitrogen has a tendency to mineralization from 300 days. Low levels of P present in the soil SAF2, pruning are very important for increasing the cycling of the element thus preventing much of it becomes immobilized in *Inga* tissues. The combination of species, those with rapid decomposition and release of nutrients from those with slow decomposition is important to ensure continuous flow of nutrients, and may provide greater utilization of mineral fertilization.

1. Introdução

As regiões tropicais do planeta possuem grande biodiversidade em seus ecossistemas naturais. O desenvolvimento da agricultura nessas regiões, por priorizar a produção em monoculturas, não agregou essa biodiversidade aos sistemas produtivos, deixando, com isso, de potencializar os bens e serviços ambientais, sociais e econômicos a ela associados.

O bioma Mata Atlântica é um dos ecossistemas mais ameaçados por essa forma de uso e ocupação do solo (Vandermeer e Perfecto, 2007), apesar de ser considerado um dos cinco hotspots de biodiversidade do planeta (Myers et al., 2000).

O solo de regiões tropicais, devido às características de sua formação, associado com temperatura média elevada e alta pluviosidade, são, em sua maioria, ácidos e de baixa fertilidade natural. Nas florestas tropicais a principal forma de aporte de nutriente para o solo é por meio de material senescente das árvores, que pode contribuir para aumento e manutenção da matéria orgânica no solo. Esse aporte é fundamental para a sustentabilidade destes ecossistemas e é a principal forma de incremento da qualidade produtiva dos solos tropicais, tanto em aspectos físicos, químicos e, principalmente, biológicos.

As práticas convencionais, que englobam monoculturas (de cultivos agrícolas e pastagens), aração e gradagem, utilização de agrotóxicos para controle da vegetação espontânea, de pragas e doenças e outras práticas, prejudicam tanto a manutenção da matéria orgânica, quanto a biodiversidade, que poderia (e deveria) estar associada aos agroecossistemas.

A reposição dos nutrientes exportados via colheita do produto é fundamental quando se pensa em uma produção sustentável. Atualmente, a principal forma de reposição dos nutrientes nos agroecossistemas é feita através da utilização de formas solúveis dos nutrientes, os fertilizantes minerais, que tem custo elevado e são, em sua maioria, provenientes de fontes não renováveis.

O cultivo em sistemas agroflorestais (SAFs), no qual há inserção do componente arbóreo junto com outras culturas comerciais, pode contribuir para a atenuação dos problemas mencionados com relação à biodiversidade, ciclagem de nutrientes e fertilidade do solo. Apesar do crescente interesse pelos

SAFs, nas áreas tropicais, poucas são as informações relacionadas com a caracterização e a taxa de decomposição dos resíduos, que são pontos fundamentais para o sucesso na implantação e manutenção destes sistemas (Mendonça e Stott, 2003; Duarte et al., 2013) e que podem contribuir para redução dos gastos com fertilizantes e despertar maior interesse dos agricultores para adoção de árvores consorciadas com cultivos agrícolas e pastagens.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a decomposição e liberação de nutrientes por resíduos vegetais de *Coffea arabica*, *Inga sp.* e *Musa sp.* em sistemas agroflorestais no município de Alegre-ES, região do Caparaó Capixaba.

2. Revisão Bibliográfica

2.1. O Território do Caparaó Capixaba

O Território do Caparaó Capixaba, que engloba o município de Alegre-ES, onde foi desenvolvido este trabalho, sofre as consequências de práticas convencionais da agropecuária predominante na região. O cenário agrícola local engloba predominantemente monocultivos de café (arábica e conilon), pastagem e eucalipto, que associados ao relevo acidentado e altos índices pluviométricos contribuem para cenário de degradação dos solos e perda da biodiversidade.

O Plano Territorial de Desenvolvimento Rural Sustentável e Solidário (PTDRSS) do Caparaó Capixaba (CTC, 2009) foi elaborado com participação de representantes do poder público e sociedade civil organizada dos onze municípios do território (Figura 1). Nele, são apontados os impactos sociais deste modelo de desenvolvimento: O êxodo rural, associado à expansão da pecuária de corte extensiva e mais recentemente dos plantios de eucalipto, envelhecimento da população rural e “inchaço” das cidades, o mercado de trabalho sazonal nas áreas de cafeicultura, falta de acesso a boas práticas agropecuárias e desorganização dos agricultores (CTC, 2009).

Além dos impactos sociais, são citados problemas ambientais: áreas com lavouras de café, pastagens e eucaliptos sem utilização de boas práticas de conservação dos solos; degradação, alto índice de escoamento superficial, processos erosivos e baixa recarga dos aquíferos subterrâneos; comprometimento dos recursos hídricos por contaminação química (agrotóxicos, etc) e cargas sedimentares pela ausência de proteção das nascentes e matas ciliares (CTC,2009).

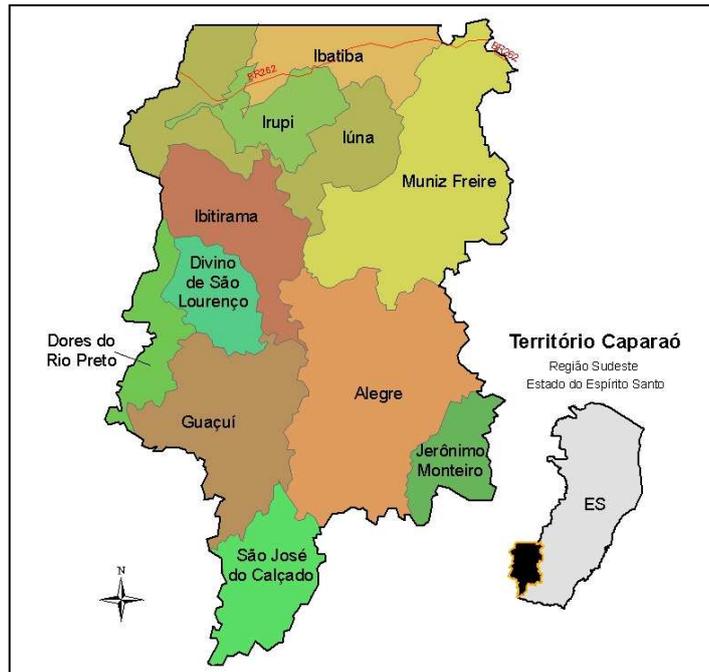


Figura 1: Municípios que compõe o Território do Caparaó Capixaba e sua localização no Estado do Espírito Santo. Fonte: Adaptado do PTDRSS (CTC, 2009).

No âmbito econômico, este modelo leva à estagnação, alto risco pela dependência de poucos produtos e baixa geração de renda para a agricultura familiar, que predomina na região (CTC, 2009).

Diante deste cenário, a mudança da tecnologia de produção agrícola torna-se essencial para superação destes impactos. A produção diversificada e conservacionista nos sistemas agroflorestais (SAFs) são uma opção viável para a agricultura familiar local (Aguiar, 2012).

2.2. Sistemas Agroflorestais

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são, possivelmente, a prática de cultivo mais antiga do mundo. Cultivar árvores e culturas agrícolas na mesma área foi forma predominante de cultivo por muitos séculos em diferentes partes do mundo, principalmente em produções de subsistência (Nair et al., 2011).

Segundo a definição do International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), os SAFs são sistemas de manejo dos recursos naturais, nos quais ocorre a integração entre as árvores e cultivos agrícolas e/ou animais, diversificando e tornando mais sustentável a produção, trazendo benefícios sociais, econômicos e ambientais.

Segundo Altieri (2004), os SAFs compartilham duas características: apresentam estratificação vertical, possuindo dois ou mais estratos; e são compostos por pelo menos uma espécie arbórea (nativa ou exótica) e uma espécie arbustiva e/ou herbácea de importância agrícola, que possuem diferentes épocas de produção.

Em outra definição, Sommarriba (1992) diz que os SAFs são uma forma de cultivo múltiplo, no qual pelo menos duas espécies de plantas interagem biologicamente e pelo menos uma é arbórea e outra é manejada para produção agrícola ou pecuária.

Os sistemas agroflorestais são sistemas produtivos biodiversos, no qual espécies agrícolas, arbóreas e/ou animais são combinadas no tempo e no espaço melhorando a utilização dos recursos, favorecendo a sinergia entre os componentes e obtendo, com isso, vantagens ecológicas e econômicas (Ludgren e Raintree, 1982).

Por sua diversidade e complexidade, os SAF demandam maior mão-de-obra e geram produtos em diferentes épocas do ano, o que pode contribuir para permanência da família no campo, distribuição regular da renda dos agricultores e menor risco por não depender apenas de um produto, como ocorre nas monoculturas (Duarte, 2007).

Com relação à qualidade do solo, em sistemas onde ocorre pouco revolvimento e há aporte constante de resíduos vegetais, como nos sistemas agroflorestais, tende a haver incremento na matéria orgânica do solo (MOS), o que contribui com a ciclagem e aproveitamento destes nutrientes pelas culturas de interesse (Freixo et al., 2002; Fontes, 2006).

Nas regiões tropicais, a prática de simular as condições de um ecossistema florestal é costume em diferentes sociedades, obtendo assim diferentes benefícios econômicos, biológicos e ambientais. Na América Central, por exemplo, é comum encontrar agricultores que plantam mais de doze espécies em uma área inferior a 0,1 ha (Nair, 1993).

Esse sistema de cultivo possibilita maior aproveitamento da área, por explorar diferentes estratos e contribuir para diversificação da produção, sendo opção interessante para a agricultura familiar (Campanha et al., 2004). Segundo Tsukamoto Filho (1999), os SAFs podem ser considerados uma alternativa de

manejo racional dos recursos naturais renováveis, já que são capazes de equacionar os principais problemas da agricultura e de seus impactos negativos sobre o meio ambiente. O mesmo autor ainda ressalta que esses sistemas oferecem possibilidades para amenizar e/ou solucionar as dificuldades financeiras de grande parte dos agricultores brasileiros.

Além de fornecer nutrientes para as culturas, as árvores desempenham papel importante na conservação do solo, na estruturação do solo, no teor de matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes. Em sua revisão sobre o potencial de fornecimento de nutrientes pelas árvores para as culturas em SAFs, Palm (1995) encontrou dados que afirmam que espécies leguminosas, cultivadas em aléias, seriam capazes de fornecer quantidades significativas de P, N, K, Ca e Mg. Esse autor ressalta que qualidade dos resíduos é de fundamental importância para o sucesso desses sistemas, já que as espécies que são utilizadas produzem resíduos com diferentes taxas de decomposição e consequente liberação de nutrientes.

Khanna (1997) apresenta alguns benefícios que justificam a incorporação das árvores aos sistemas de produção:

- 1) Proteção às culturas agrícolas: Árvores podem minimizar extremos de temperatura, atenuar o efeito nocivo dos ventos e contribuir para estabilidade do terreno, por possuírem sistema radicular profundo. O exemplo mais típico são as árvores plantadas como quebra-vento.
- 2) Aumento da estabilidade ecológica: A presença das árvores pode gerar maior capacidade do sistema de resistir a stress externos (resistência) e a retornar a sua condição após uma perturbação (resiliência). Esses efeitos estão relacionados aos serviços ambientais proporcionados pela biodiversidade e presença de diferentes estratos no dossel e no solo (referente às profundidades radiculares).
- 3) Aproveitamento das associações naturais e sinergias: Sinergia é quando uma espécie melhora o desempenho de outra. As espécies podem ser selecionadas para desempenhar diferentes papéis, como as pioneiras para uma rápida cobertura do solo e as climácicas que mantem o solo coberto até o fim do ciclo produtivo.

- 4) Conservação da biodiversidade: Refere-se à riqueza, raridade e vulnerabilidade das espécies. Os SAFs podem ser utilizados para conservar a biodiversidade.
- 5) Obtenção vantagens de mercado: A composição de espécies do SAF pode evitar perdas financeiras relacionadas com ataque de pragas e riscos relacionados às oscilações no preço dos produtos agrícolas.
- 6) Geração de produtos e serviços: A escolha das espécies para o SAF pode levar à produção diversificada de bens, como lenha, carvão, madeira para serraria, látex, castanhas, resinas e produtos não-madeireiros, e serviços como proteção do solo contra erosão, fixação e incorporação de nitrogênio e outros nutrientes ao sistema, quebra-ventos, etc.

Os SAFs são alternativas para a manutenção e melhoria nas qualidades químicas, físicas e biológicas do solo, devido ao aporte de material vegetal senescente e oriundo das podas, à fixação biológica de nitrogênio (FBN) por microrganismos associados às árvores, pela ciclagem dos nutrientes incrementada pela existência de raízes em diferentes e maiores profundidades, inacessíveis para a maioria das culturas agrícolas (Mafongoya, 1997).

Duarte et al. (2013) avaliando a contribuição de espécies arbóreas nativas, concluíram que a diversificação reflete na composição do material orgânico do solo e pode contribuir significativamente para manutenção das funções biológicas do solo, o que afeta diretamente em seu potencial produtivo em longo prazo.

Além dos benefícios locais para o solo e biodiversidade associada, segundo Nair (2009) os SAFs são aceitos como estratégia de sequestro de carbono e mitigadora de mudanças climáticas, aceita pelo Protocolo de Kyoto, devido à alta capacidade de incrementar a matéria orgânica do solo.

Em áreas com elevado nível de fragmentação de ecossistemas, os SAFs têm se destacado como tecnologia capaz de aliar produção e preservação ambiental. Estes sistemas podem atenuar os efeitos da fragmentação florestal contribuindo para a conexão entre os remanescentes da Mata Atlântica, representados pelas áreas de Reserva Legal, pelas Áreas de Preservação Permanente (APPs), pequenos fragmentos florestais conservados e capoeira em

regeneração natural, funcionando como corredores ecológicos (Seoane et al., 2010). Duarte et al. (2013) menciona também essa função dos SAFs, que podem favorecer migração de animais entre os pequenos e esparsos fragmentos remanescentes de floresta nativa, frequentemente observado no bioma Mata Atlântica. Na região do Caparaó, este aspecto tem importância ainda maior pela existência do Parque Nacional do Caparaó, que abriga o Pico da Bandeira, símbolo do turismo local.

2.3. Matéria Orgânica do Solo

A matéria orgânica do solo exerce papel fundamental na manutenção e melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo nos ecossistemas. Esse componente do solo se relaciona com a disponibilidade de nutrientes, já que os resíduos vegetais são decompostos por meio da atividade biológica, sendo novamente disponibilizados para as plantas no processo de ciclagem biogeoquímica (Gama-Rodrigues et al., 2008).

O teor de matéria orgânica em um solo está diretamente relacionado com as práticas de manejo adotadas. Revolvimentos constantes do solo, com aração e gradagem, por exemplo, favorecem a oxidação da matéria orgânica e liberação de carbono para a atmosfera. Já práticas de manejo que não revolvem o solo e procuram manter o mesmo sempre coberto favorecem a formação de matéria orgânica, retirando o carbono da atmosfera, contribuindo na mitigação de mudanças climáticas pela manutenção do carbono no solo (Watson et al., 2000).

No Brasil, as alterações no uso do solo como substituição de área de vegetação nativa por cultivos intensivos em monoculturas, o uso de queimadas e preparo do solo com revolvimento tem levado a perdas rápidas da matéria orgânica do solo incrementando, assim, a emissão de gases causadores do efeito estufa, principalmente de CO₂ e CH₄ na atmosfera (Silva e Mendonça, 2007).

A matéria orgânica altera diferentes propriedades do solo diretamente relacionadas a sua capacidade produtiva. Nos solos tropicais, a MOS contribui significativamente para aumento de cargas negativas no complexo sortivo, melhorando a capacidade de troca de cátions, essenciais para nutrição das

plantas como Ca, Mg, K. A MOS é compartimento que complexa metais no solo, podendo ser interessante para diminuição de efeito de metais pesados, contribui para melhoria de características físicas do solo, como agregação, infiltração de água e retenção de água (Silva e Mendonça, 2007).

Nos solos tropicais, a importância de matéria orgânica torna-se mais evidente, pois, em geral, esses são pobres e muito lixiviados e tendem ser ácidos, dependendo diretamente da matéria orgânica para a sua fertilidade (ENGEL, 1999). Logo, a destruição da cobertura florestal, utilizada para estabelecimento de cultivos convencionais remove a maior parte do estoque de nutrientes dos ecossistemas, levando a uma diminuição de sua fertilidade e capacidade produtiva em nível químico, físico e biológico principalmente.

2.4. Ciclagem de nutrientes

Ciclagem de nutrientes é a denominação dada a um determinado conjunto de processos, relacionados com a transferência de energia e nutrientes entre as partes que compõem um ecossistema ou agroecossistema.

Na ciclagem interna de nutrientes nos organismos, denominada de ciclagem bioquímica, ocorre realocação de elementos no interior do organismo nas suas diferentes fases de desenvolvimento. O ciclo bioquímico é o responsável pela realocação de nutrientes, com destaque para o nitrogênio, potássio e fósforo, que ocorre quando determinada parte do vegetal entra em processo de senescência. Até 40% do nitrogênio e do potássio, e grande parte do fósforo são fornecidos aos tecidos novos provenientes de material senescente, por esta via de ciclagem (Switzer e Nelson, 1973).

A ciclagem geoquímica é aquela relacionada aos processos que ocorrem no solo, no qual por intemperismo da rocha ocorre a liberação de nutrientes para o solo. Esse processo é mais relevante em solos jovens, onde a rocha se encontra ainda próxima à superfície e influencia diretamente na fertilidade do solo.

O entendimento da dinâmica da ciclagem dos nutrientes é fundamental para compreender as funções de um ecossistema. No caso de um agroecossistema, essa compreensão torna-se essencial para tomadas de

decisões referentes ao manejo e conseqüente economia de recursos, principalmente adubações. As fontes minerais de adubação são, muitas vezes, provenientes de fontes não renováveis, ou produzidas por processos altamente demandantes de energia, o que, em longo prazo, é insustentável.

Na ciclagem de nutrientes é necessária a decomposição e liberação de nutrientes do material vegetal depositado no solo. As taxas de ciclagem no solo dependem da qualidade e quantidade da matéria orgânica, de outros diversos fatores do meio entre os quais se destacam a temperatura, a umidade, o pH, os teores de oxigenação e de nutrientes do solo, especialmente a disponibilidade de nitrogênio (Robertson; Morgan, 1996). Vegetais que estabeleçam relações simbióticas com microrganismos fixadores de N podem, portanto, contribuir para velocidade e eficiência da ciclagem de outros nutrientes.

A disponibilidade de nutrientes no agroecossistema e sua produtividade dependem diretamente da quantidade e atividade da massa microbiana presente no mesmo.

A utilização de plantas consorciadas a culturas agrícolas é uma excelente estratégia de aumentar a sustentabilidade desses sistemas, diminuindo a necessidade de aporte de insumos externos (Duarte et al., 2013), melhorando os teores de matéria orgânica (Matos et al., 2007), diversificando a produção, obtendo produtos florestais não madeireiros e lenha, além de proteger o solo da erosão (Souza et al., 2011), tanto com a copa das árvores interceptando a chuva, como com o aporte constante de serapilheira que protege a superfície do solo.

Para conhecer a ciclagem de nutrientes em ambientes florestais, como no caso de um SAF, é geralmente empregado o método das sacolas de decomposição, litterbags (Wider e Lang, 1982). Nesse método, o material vegetal, com massa e composição química conhecida é armazenado em sacolas, previamente confeccionadas. Para a confecção das litterbags deve-se utilizar material que possua aberturas suficientemente grandes, de maneira que possibilitem o trânsito da micro e mesofauna. Esses experimentos são geralmente de longa duração, iniciando com um grande número de sacolas que vão sendo aleatoriamente coletadas.

Gama-Rodrigues et al. (2003) estudando decomposição de folhedos e liberação de N e P de diferentes espécies florestais nativas no sul da Bahia

verificaram taxa de decomposição intermediária em plantios mistos em relação às espécies consideradas isoladamente. Isso indica, segundo os autores, maior capacidade em reciclar matéria orgânica e nutriente, pois a velocidade de mineralização pode estar mais próxima da demanda de nutrientes pelas espécies cultivadas. Os mesmos autores verificam também que os processos de decomposição e mineralização são influenciados não apenas pela qualidade do substrato, mas também pela qualidade do microambiente.

Nos SAFs, uso de espécies que se associam com microrganismos fixadores de nitrogênio é recomendado, pois em geral possuem resíduos com baixa relação carbono/nitrogênio (C/N), o que favorece a mineralização e disponibilização de nutrientes para as culturas. Além da relação C/N, que seria a principal controladora da taxa de decomposição de resíduos vegetais, exercem também influencia os teores de polifenóis e lignina nos materiais. O teor de polifenóis e a capacidade destes de complexarem com as proteínas afetam diretamente os processos de decomposição e mineralização dos resíduos (Palm e Sanchez, 1991). Conhecer, portanto, a composição dos materiais vegetais torna-se importante para inferir sobre sua velocidade de decomposição e mineralização dos nutrientes.

Palm (1995) verificou que a utilização de árvores que se associam com microrganismos, que realizam a fixação biológica de nitrogênio (FBN) pode ser o suficiente para atender a demanda da cultura por esse nutriente, o que é vantajoso economicamente.

Gama-Rodrigues (2011) ressalta que SAFs enriquecidos com leguminosas proporcionam maior eficiência para reposição de N, que é removido principalmente quando são colhidas madeira e lenha do sistema. Este mesmo autor relata que os sistemas agroflorestais otimizam a ciclagem de nutrientes e outros processos biológicos, de forma que os SAFs se apresentam como sistema de cultivo consonante com o novo paradigma de sustentabilidade.

2.5. Café arábica em sistemas agroflorestais

O café (*Coffea arabica*), originário do sub-bosque de florestas da Etiópia, norte da África, é espécie agrícola de destaque no país e, pela sua própria

origem, passível de plantio sombreado, como em SAFs. Trata-se de uma das culturas agrícolas mais importantes do mundo, sendo o Brasil o maior produtor, respondendo por 1/3 da produção mundial (ABIC, 2013).

Antes da década de setenta, o café era cultivado em sistemas sombreados, diversificados, caracterizados pelo baixo impacto ecológico e a baixa produtividade. A partir da década de 1970, surgiram inovações tecnológicas que permitiram o aumento da produtividade. Entre essas novas tecnologias estavam a eliminação do sombreamento, o aumento da densidade de plantio e o uso de cultivares melhoradas, altamente dependentes de fertilizantes minerais (Perfecto et al., 1996). Apesar de ser espécie originada de sub-bosque, o processo de melhoramento genético priorizou monocultivos a pleno sol.

Com as mudanças climáticas, o aumento da temperatura global e alteração no regime e distribuição das chuvas, muitas áreas que antes eram aptas para a cultura do café estão se tornando quentes e secas, o que vem prejudicando a produção dessa cultura. Para amenizar extremos de temperatura, a adoção de SAF pode ser uma alternativa promissora, já que árvores criam um microclima com menor variação de temperatura (Jaramillo-Botero et al., 2006).

No Norte da América Latina, onde atualmente a produção do café sombreado é mais utilizada, a recuperação dessa antiga prática começou nos anos noventa, quando a crise do preço internacional do grão forçou os países produtores a desenhar estratégias de recuperação. O incentivo à produção do café sombreado se deu com intenção de reduzir custos e a produção de café, pois o baixo preço estava relacionado à alta oferta no mercado (Lyngbæk et al., 2001). Outras vantagens desse sistema de cultivo relatadas por Jaramillo-Botero et al. (2006) são a geração de serviços ambientais, particularmente o aumento da biodiversidade regional e o melhoramento das condições de renda dos agricultores pela produção de cafés especiais com preços diferenciados.

Atualmente no Brasil, o café sombreado se encontra mais difundido no Norte e Nordeste do País. Nas regiões Sul e Sudeste o sombreamento é menos frequente, sendo as árvores geralmente utilizadas para proteger a cultura das geadas ou cultivadas pelo seu alto valor econômico (Jaramillo-Botero et al., 2006).

2.6. Banana em Sistemas Agroflorestais

A banana, *Musa* spp., pertencente a família Musaceae é proveniente do sudeste asiático. Possui caule do tipo rizoma com pseudocaule formado pela bainha das folhas. Atualmente é a segunda fruta em produção mundial, perdendo apenas para os citrus (laranja, limão e limas) (Mohapatra et al., 2010). No Brasil, é a fruta mais consumida, sendo especialmente importante para as classes mais carentes. O consorcio banana/café é tradicionalmente praticado em diferentes regiões (Oduol et al., 1990). Segundo Mendonça (2006), a banana está entre as principais espécies utilizadas em SAFs com café no município de Araponga-MG.

Gonçalves Filho (2011) estudando o potencial da utilização do pseudocaule da bananeira para a fermentação alcoólica, fez sua caracterização química (Tabela 1). Pela tabela, observa-se o baixo teor de lignina presente bem como o elevado teor de holocelulose (celulose + hemicelulose).

Tabela 1: Propriedade químicas de pseudocaule de bananeira (*Musa cavendishii*).

Substância	% Massa seca
Lignina	8,1 ± 2,1
Celulose	44,0 ± 2,0
Hemicelulose	16,5 ± 3,5

Fonte: Gonçalves Filho, 2011

2.7. Ingá em Sistemas Agroflorestais

O Ingá *Inga edulis* Mart., também conhecido como Ingá-cipó, ingá-de-macaco, ingá-macarrão, ingá-rabo-de-mico e angá. Árvore da família Fabaceae com capacidade de associar com microrganismos fixadores de nitrogênio (FBN), pioneira, heliófila, semidecídua, característica da floresta pluvial tropical, sendo resistente ao alagamento esporádico (Sothers et al., 1999).

Apresenta ampla distribuição no território brasileiro com ocorrência na região Amazônica e por toda a faixa litorânea desde o Rio Grande do Norte até o norte de Santa Catarina. Madeira moderadamente pesada (densidade 0,76 g/cm³), macia e pouco durável, sendo a sua utilidade comercial voltada para a caixotaria e como lenha. Seus frutos são comestíveis (Lorenzi, 2009).

É amplamente cultivado pela população da região Amazônica, que utiliza sua madeira para a lenha e consome seus frutos, além de fornecer sombra (Aquino, 2012). Atualmente vem sendo empregada nos programas de recuperação de áreas degradadas e em sistemas agroflorestais (Duarte et al., 2013).

Dentre as espécies que são utilizadas em consórcios com o café, o ingá (*Inga sp.*) merece destaque especial. Árvore nativa da Mata Atlântica, associa-se com bactérias que realizam a FBN, bem adaptada às condições e solo e clima, possui rápido crescimento, madeira macia e com alta capacidade de rebrota, atributos ideais para a realização de podas periódicas. Com grande capacidade de produção de massa seca, estudos indicam também seu potencial para o controle biológico de pragas do cafeeiro (Rezende, 2011).

Vegetal com elevada relação lignina/N e (lignina + polifenol)/N, alto teor de lignina e celulose. Apesar disso é uma espécie com elevada produção de biomassa e material senescente com conteúdo significativo de nutrientes (Duarte et al., 2013).

3. Material e Métodos

3.1. Área de Estudo

O estudo foi desenvolvido em duas propriedades rurais de agricultores familiares nas comunidades de Bom Ver e Lagoa Seca (Figura 2), no município de Alegre, Território do Caparaó Capixaba, Estado do Espírito Santo, Brasil.

O município de Alegre tem superfície de 772,7 km² e com aproximadamente 30 mil habitantes. As coordenadas geográficas da sede do município são 20°47'09" S; 41°31'28" W.

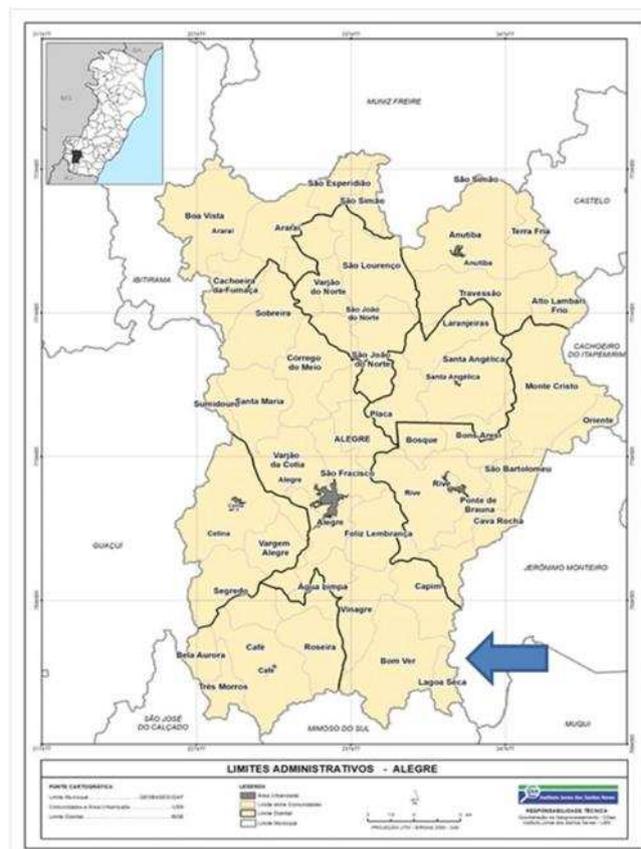


Figura 2: Localização de Alegre no Estado do Espírito Santo, limites administrativos do município, com destaque para as comunidades rurais. Apontadas pela seta azul as comunidades de Bom Ver e Lagoa Seca. Fonte: Adaptado de IJSN (2014).

Devido às características do relevo, o município é dividido em dois climas principais. Para as altitudes superiores a 600 m o clima é predominantemente Cwa, subtropical úmido, com temperatura do mês mais frio inferior a 18°C, e do mês mais quente superior a 22°C. Para as cotas inferiores, o clima é tropical de

monções Am, com 23°C de temperatura média, segundo, Köppen-Geiger. A precipitação média está entre 1.300 e 1.500 mm, concentrada entre os meses de novembro e março (60 a 70% do total), com verão quente e chuvoso e inverno seco.

Na Figura 3 encontram-se os dados de precipitação e temperatura médias para o período de realização do experimento.

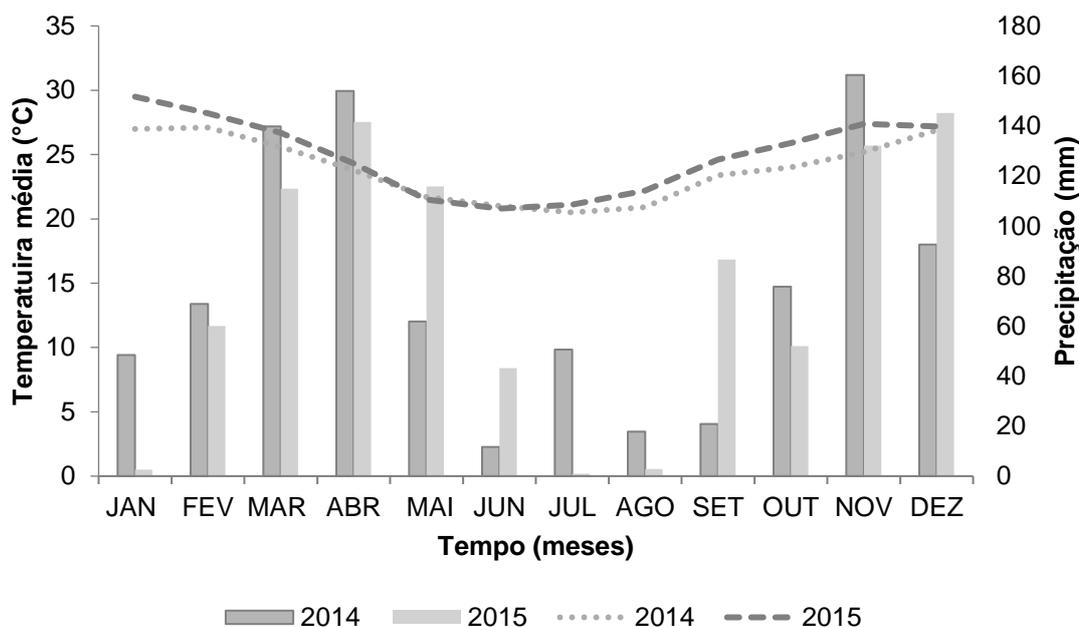


Figura 3: Precipitação (barras) e temperaturas médias (linhas tracejadas) no município de Alegre, no período de realização do experimento.

3.2. Descrição dos experimentos

Os experimentos foram instalados em duas propriedades rurais que produzem café em sistemas consorciados, denominados agroflorestais (SAF1 e SAF2). O SAF1 está situado nas coordenadas 20°52'34.58"S; 41°28'30.55"O a 700 m de altitude. O SAF2 está localizado nas coordenadas 20°53'10.84"S; 41°27'48.45" a 865 m de altitude.

Para determinar as características químicas e físicas dos solos, foram feitas amostras compostas em cada um dos SAF. Cada amostra composta foi o resultado da mistura de quinze amostras simples coletadas por toda a extensão do SAF. Os resultados da análise de solo das duas áreas são apresentados na Tabela 2.

Tabela 2: Análise química dos solos dos dois sistemas agroflorestais usados no experimento.

	ph	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T	V	m	M0	Textura
	mg/dm ³						cmolc/dm ³			%		g/Kg			
SAF1	5,59	14,72	85	0	4,17	1,09	0,05	5,95	5,48	5,53	11,42	48,01	0,9	36,43	Argilosa
SAF2	5,35	2,53	149	0	2,76	0,88	0,25	5,28	4,02	4,27	9,3	43,24	5,85	22,47	Média

No SAF1 o café é produzido em consórcio principalmente com a banana (*Musa sp.*), estando presente também mamão (*Carica papaya*) e palmito juçara (*Euterpes edulis*). Como só o café e a banana são explorados comercialmente, e são os componentes mais expressivos do sistema, apenas os resíduos vegetais dessas culturas foram utilizados no enchimento dos litterbags. Essa propriedade utiliza a adubação mineral com a aplicação de NPK, na formulação 20-05-20, 450 g por planta, parcelada em três vezes, no período de chuvas, que coincide com a floração, granação e amadurecimento do café.

No SAF2, o café é produzido consorciado exclusivamente com Ingá, com aproximadamente 60 árvores/ha e vegetação espontânea, que é controlada com capinas localizada (principalmente para eliminação da braquiária invasora) e pela própria sombra proporcionada pelos ingás e café. Em ambos os SAFs os cafeeiros estão plantados no espaçamento 3 x 1 m.

O material vegetal foi coletado diretamente do cafeeiro, ingá, e bananeira utilizando tesoura de poda e facão. Foi coletado material vegetal maduro, caracterizado pelo limbo totalmente expandido e sem indícios de senescência, evitando as folhas novas. O material coletado foi então levado para o laboratório e picado em pedaços menores de aproximadamente 4x4 cm.

Os materiais coletados misturados em quatro proporções (tratamentos). O primeiro chamado de C com folhedos de cafeeiro. O segundo tratamento, denominado C+B com folhedos de cafeeiro e bananeira, na proporção 1:1; o tratamento C+I foi constituído de cafeeiro e ingá na proporção 2:3; e o tratamento C+B+I constituído de cafeeiro, ingá e banana na proporção 1:1:1. As proporções dos tratamentos C+B e C+I foram definidas através de aproximação da proporção visual dos resíduos de cada espécie nas serapilheiras das duas propriedades.

Foram utilizados litterbags, confeccionados com tela sintética, do tipo sombrite, com abertura de 2,5 x 1 mm, com formato quadrado de 20 cm de lado fechados com grampos. Cada litterbag então foi preenchido com 50 g de material fresco de cada tratamento. Foi escolhido o sombrite por ser um material inerte, de alta durabilidade e flexível, que permite o material enclausurado ter maior área de contato possível com a serapilheira. Além disso, ele possui aberturas que possibilitam o acesso da mesofauna.

Para a determinação da umidade das misturas, uma sub amostra de cada foi seca em estufa, a 70 °C, até peso estável. A determinação da umidade foi feita antes de levar as amostras ao campo. A média de umidade foi utilizada para determinar a massa seca. Esse procedimento foi realizado no Laboratório de Fertilidade do Solo, da Universidade Federal do Espírito Santo, campus Alegre.

A massa seca remanescente em função do tempo foi calculada pela diferença entre a massa inicial, descontada a umidade e a massa ao final de cada amostragem. Esse mesmo procedimento, também foi utilizado para determinar o conteúdo remanescente de nutrientes.

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados com parcelas subdivididas no tempo, com 2 blocos em cada propriedade. Foram efetuadas seis coletas bimestrais, totalizando um ano de experimento.

Cada bloco foi constituído por quatro cafeeiros em sequência na mesma linha. Na base de cada um foram colocadas oito litterbags, seis para as coletas bimestrais e duas reservas, distribuídas uniformemente sobre a projeção da sua copa.

Para comparar as médias dos tratamentos foi realizada ANOVA bem como o teste Tukey a 5% de probabilidade. Para o ajuste da regressão foram testados os modelos exponencial, linear, logarítmico e quadrático. O modelo quadrático foi o que melhor se ajustou. Foram utilizados os softwares Excel 2013 e Assistat 7.7.

3.3. Análises químicas

Os resíduos vegetais dos litterbags, após cada coleta, foram analisados no Departamento de Solos da Universidade Federal de Viçosa. O material inicialmente passou pela digestão nitroperclórica (SARRUGE e HAAD, 1974) para determinação do P, K, Ca e Mg. Para determinação do N, foi utilizado o método Micro-Kjeldahl.

Após a digestão nitroperclórica, o P foi determinado por colorimetria pelo método do ácido ascórbico (Braga e Defelipo, 1974). O K foi determinado por fotometria em chama e o Ca e Mg por espectrofotometria de absorção atômica. Foi determinada a relação C/N do material assumindo que o C corresponde a 50% da massa seca (Pribyl, 2010).

Para determinação da composição química inicial do material vegetal foram combinadas as amostras dos quatro blocos, formando uma amostra composta para cada tratamento, utilizando-se a fração que passou pela peneira com malha de 40 mesh e ficou retida na peneira com malha de 60 mesh. A determinação do teor absolutamente seco do material foi realizada conforme a norma TAPPI 264 om-88 (TAPPI, 1996). Os teores de extrativos dos tratamentos foram determinados em duplicatas, de acordo com a norma TAPPI 204 om-88 (TAPPI, 1996), utilizando-se o método de determinação de extrativos totais, apenas substituindo o etanol/benzeno, pelo etanol/tolueno.

Os teores de lignina insolúvel foram determinados em duplicata pelo método Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986). A lignina solúvel foi determinada por espectrometria, conforme Goldschimid (1971), a partir da diluição do filtrado proveniente do procedimento para obtenção da lignina insolúvel. O teor de lignina total foi obtido por meio da soma dos valores de lignina solúvel e insolúvel. Para determinação dos teores de celulose e hemicelulose foram calculadas as porcentagens de carboidratos (açúcares), conforme Wallis et al. (1996). O teor de celulose foi determinado considerando-se a porcentagem de glicose, excluindo-se uma porcentagem igual ao teor de mananas, cujos monômeros de glicose compõem as glicomananas, na proporção 1:1 (ROWELL, 2005). A porcentagem de hemicelulose foi calculada por diferença, considerando-se o material livre de extrativos, ou seja, retirou-se de 100 a soma de celulose e lignina total. Essas

análises foram efetuadas no Laboratório de Painéis e Energia da Madeira-LAPEM, da Universidade Federal de Viçosa.

4. Resultados e Discussão

4.1. Caracterização química

O tratamento C+B apresentou os maiores valores de holocelulose, formada pela celulose, hemicelulose e demais polissacarídeos presentes (Tabela 3). O tratamento C apresentou os maiores valores de lignina e extrativos. O menor valor obtido para a mistura C+B para lignina é explicado pela baixa concentração de lignina na bananeira (Gonçalves Filho, 2011).

Tabela 3: Caracterização química dos resíduos vegetais, em % de massa seca.

Tratamento	Extrativos	Lignina	Holocelulose
C	26,01	48,39	25,61
C+ B	23,76	46,11	30,13
C + I	25,25	46,86	27,88
C + B + I	25,32	47,04	27,64

4.2. Massa seca

Os resultados de redução de massa seca e dos teores dos nutrientes são apresentados para cada um dos tratamentos: cafeeiro (C), cafeeiro + banana (C+B), cafeeiro + ingá (C+I), cafeeiro + banana + ingá (C+B+I), nessa ordem e separadamente para cada SAF.

As Figuras 4 e 5 apresentam os dados de redução da massa seca para os tratamentos no SAF1 e SAF2, respectivamente. O modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, que, segundo Wieder e Lang (1982) é capaz de descrever a variação da perda de massa de resíduos vegetais, em um intervalo

de tempo conhecido. Todos os modelos ajustados apresentaram R^2 superior a 0,8.

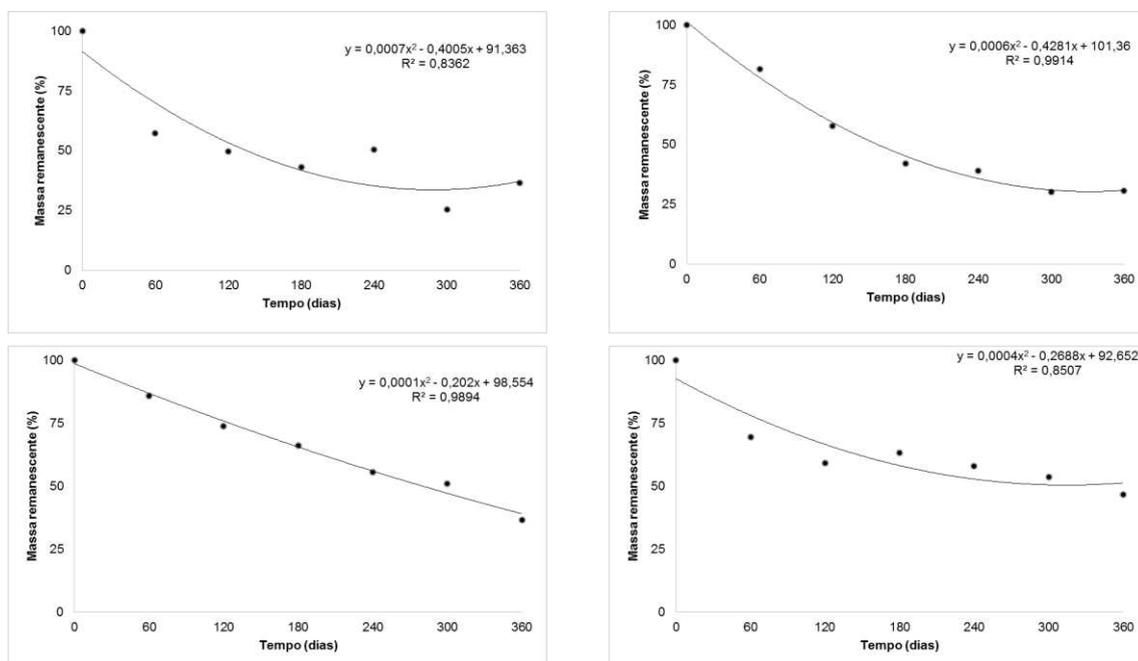


Figura 4: Massa seca remanescente, ao fim do experimento, dos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.

Para os tratamentos, C e C+B a perda de massa foi de 64% e 70% respectivamente, com redução acentuada até os 180 dias, tendendo a uma estabilização após esse período. Para a mistura (C+I) a perda de massa foi de 54%, com tendência a estabilização a partir de 240 dias. Já a mistura C+B+I apresentou redução da massa seca praticamente constante durante todo o período do experimento, com perda de massa de 64%.

O tratamento C apresentou rápida redução de massa até 240 dias no campo com posterior estabilização. A perda de massa foi de 65%, similar ao encontrado para o SAF2

Para o tratamento C+B a redução da massa foi de 80%, com tendência a estabilização a partir dos 300 dias em campo. Já a mistura C+I apresentou redução de massa de 60% com tendência à estabilização a partir dos 240 dias. Para a mistura C+B+I a estabilização ocorreu por volta dos 180 dias com redução

de 54% da massa seca, resultados similares aos encontrados em sistemas agroflorestais

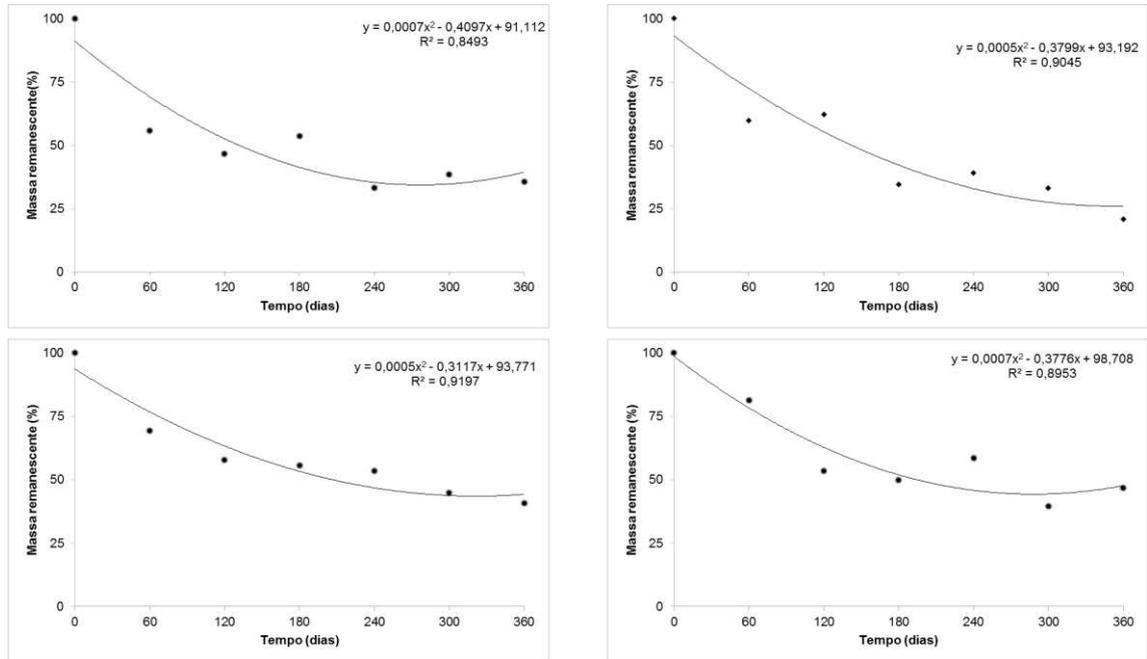


Figura 5: Massa seca remanescente, ao fim do experimento, dos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.

Após um ano de experimento, o tratamento C+B foi o que apresentou menor massa seca final, 5,06 g e 3,43 g, para o SAF1 e SAF2, respectivamente. Já o tratamento C+I apresentou a maior massa final, 11,49 g e 10,05 g, respectivamente para o SAF1 e SAF2. Na tabela 4 é apresentado o resultado do teste Tukey, a 5% de probabilidade, para a redução da massa dos diferentes tratamentos.

Tabela 4: Médias das massas secas (g), das diferentes misturas, ao final do experimento.

Tratamento	SAF1	SAF2
C	9,97 b	10,03 b
C+B	7,72 c	6,84 c
C+I	14,4 a	13,26 a
C+B+I	10,10 b	9,03 bc

* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Essa maior velocidade de decomposição do tratamento C+B pode ser explicada pela maior concentração de holocelulose, definida como a celulose e demais polissacarídeos presentes no vegetal. Estes compostos são os que são primeiramente decompostos (Carvalho et al., 2010), desempenhando importante papel na dinâmica da ciclagem de nutrientes e formação da matéria orgânica do solo (Espindola et al., 2006).

Esse mesmo tratamento apresentou os menores valores para lignina total, sendo a lignina um composto com alta recalcitrância (Saliba et al., 2001). Portanto, menores valores de lignina tendem a favorecer a decomposição. Esses menores teores devem-se à baixa concentração de lignina nos tecidos da banana.

O tratamento C+I apresentou as menores taxa de decomposição. Esse tratamento foi constituído de 60% de ingá, corroborando com trabalhos que descreveram a reduzida taxa de decomposição de resíduos vegetais dessa espécie (Palm e Sanchez, 1990; Duarte et al., 2013).

A inclusão do ingá em consórcio com o cafeeiro, em termos de cobertura de solo, proporciona maior cobertura em relação ao monocultivo de cafeeiro, devido à combinação de grande aporte de material vegetal e período mais longo de decomposição (Duarte et al., 2013). A cobertura do solo proporcionada favorece a manutenção da umidade e contribui para menor erosão, o que no

caso de ambientes declivosos e com períodos secos cada vez mais frequentes e longos, torna-se essencial para produção do cafeeiro.

A cobertura morta proporcionada pelo ingá, no caso do SAF2, também é utilizada pelo agricultor como controle natural da vegetação espontânea, que acaba sendo inibida pela baixa luminosidade.

Considerando a concentração de 60 árvores/ha de ingá, e a produção de 39,3 kg de massa seca por árvore por ano (Duarte et al., 2013), o ingá produz 2,35 t ha⁻¹ de MS/ano nesse sistema avaliado. O C imobilizado nesse vegetal pode ser obtido usando o fator de conversão 0,58, já que o C corresponde a aproximadamente 58% da massa do vegetal (Duarte et al., 2013). Logo, cada árvore de ingá imobiliza anualmente 22,8 kg de C. Com a população de 60 árvores/ha, são imobilizados nesse sistema, somente com o ingá 1,36 t ha⁻¹ano⁻¹ de C.

4.3. Liberação de nutrientes

Os dados da liberação de nutrientes são apresentados separadamente para cada nutriente e sistema agroflorestal. Modelos com R^2 abaixo de 0,7 não foram apresentados.

4.3.1. Fósforo

Considerando a liberação de P pelos resíduos, o modelo quadrático foi o que melhor se ajustou para todos os tratamentos (Figuras 7 e 8). Esse tipo de modelo é recomendado para estimar a liberação de nutrientes dentro de um espaço de tempo conhecido, sendo sua extrapolação, para tempos infinitos, prejudicada devido às características intrínsecas das equações quadráticas (Wieder e Lang, 1982).

No SAF1 o tratamento C foi o que melhor se ajustou com $R^2 = 0,89$, já para o SAF2 o tratamento C+B foi o que apresentou melhor ajuste, com $R^2 = 0,81$.

Todos os tratamentos apresentaram imobilização de P, mais acentuadamente no SAF2, até os 180 dias. A partir deste ponto ocorreu a liberação deste nutriente.

O tratamento somente C, formado apenas por cafeeiro, liberou mais de 50 % de P, nos dois sistemas, mostrando que as folhas do cafeeiro têm papel importante na ciclagem de nutrientes. Esse benefício pode ser otimizado se as práticas de manejo do cafezal forem adotadas em sincronia com os períodos de maiores demandas desse elemento pela cultura.

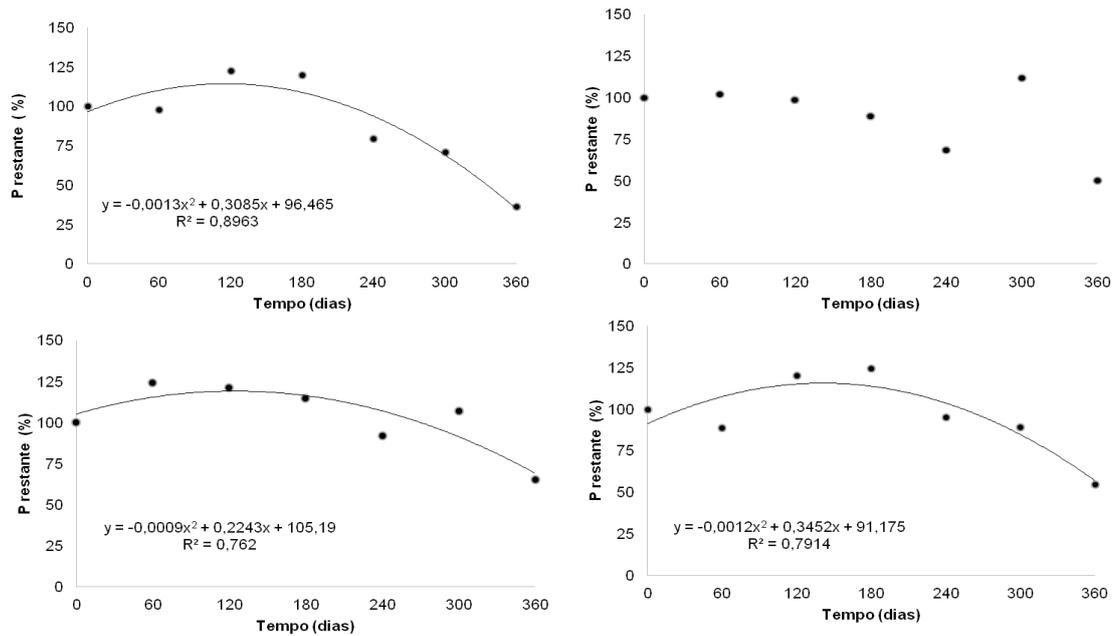


Figura 6: P restante, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.

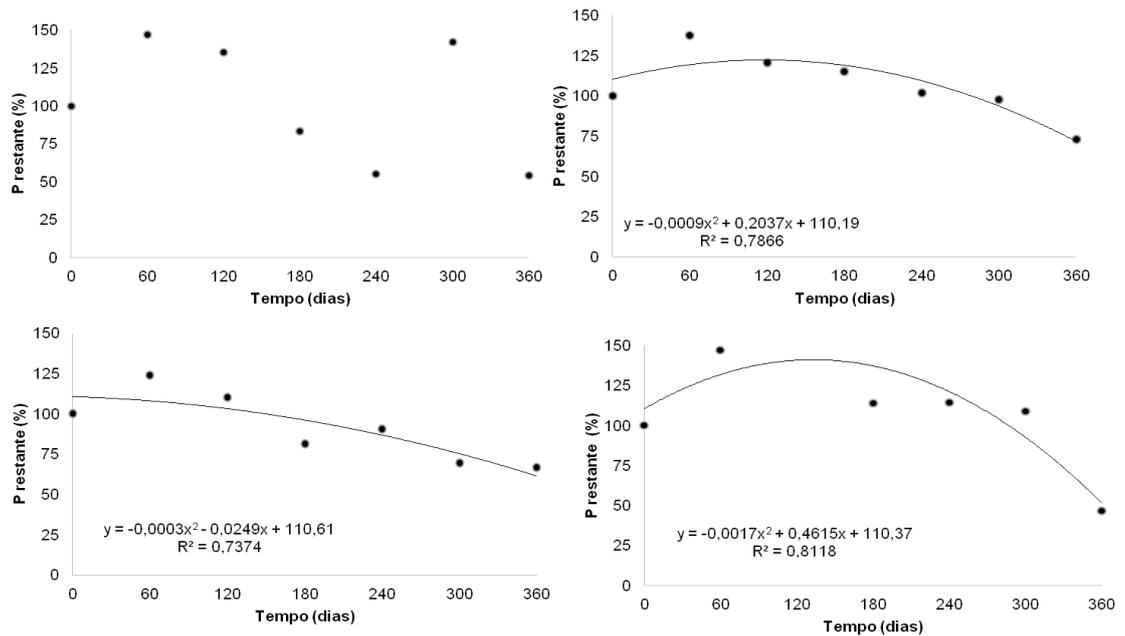


Figura 7: P restante, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2

Não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação à liberação de P (Tabela 5). É importante destacar que o SAF1 utiliza adubação mineral e por isso os níveis de P no solo são superiores ao SAF2 (Tabela 2). No SAF1 também não se encontram a quantidade de árvores como no SAF2, que imobilizam temporariamente o P em seus tecidos.

Tabela 5: Teor médio de fósforo (dag kg^{-1}) por tratamento, ao final do experimento.

Tratamento	SAF1	SAF2
C	0.15914 a	0.15271 a
C+B	0.14079 a	0.13629 a
C+I	0.14043 a	0.13629 a
C+B+I	0.13593 a	0.13007 a

*. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

Para a manutenção da produtividade o SAF2 faz uso de podas periódicas do ingá que aumenta o volume de material na serapilheira, trazendo também galhos grossos e folhas novas. Esse procedimento faz com que neste sistema o solo permaneça permanentemente coberto por uma espessa camada de serapilheira que mantém a umidade no solo e o protege da erosão e do impacto direto da chuva, evitando com isso o carreamento de solo (Franco et al., 2002).

Pelos baixos níveis de P presentes no solo do SAF2 estas podas são importantes para incrementar a ciclagem deste elemento evitando assim que grande parte dele fique imobilizada nos tecidos do ingá.

Além disso, essa camada permanente de material, aliada com a cobertura formada pelo dossel do ingá mantém o cafezal livre de plantas invasoras, diminuindo significativamente os custos de produção.

4.3.2. Nitrogênio

O N apresentou comportamento errático nos teores ao longo do tempo não sendo possível ajustar modelo estatístico, que explicasse alguma tendência de liberação ou imobilização desse nutriente. Apenas para o tratamento C+I, no

SAF1 é que foi possível ajustar o modelo quadrático. Em linhas gerais, os tratamentos em cuja composição havia ingá apresentaram imobilização de N em alguma fase do experimento (Figuras 8 e 9).

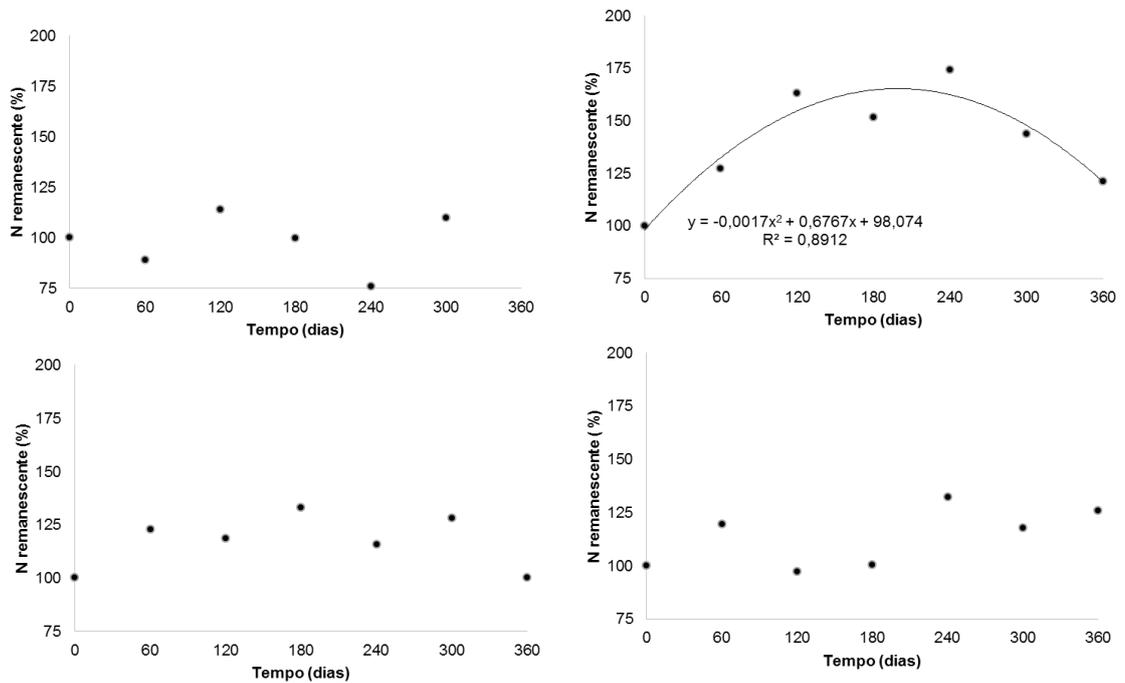


Figura 8: N remanescente, ao fim do experimento nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.

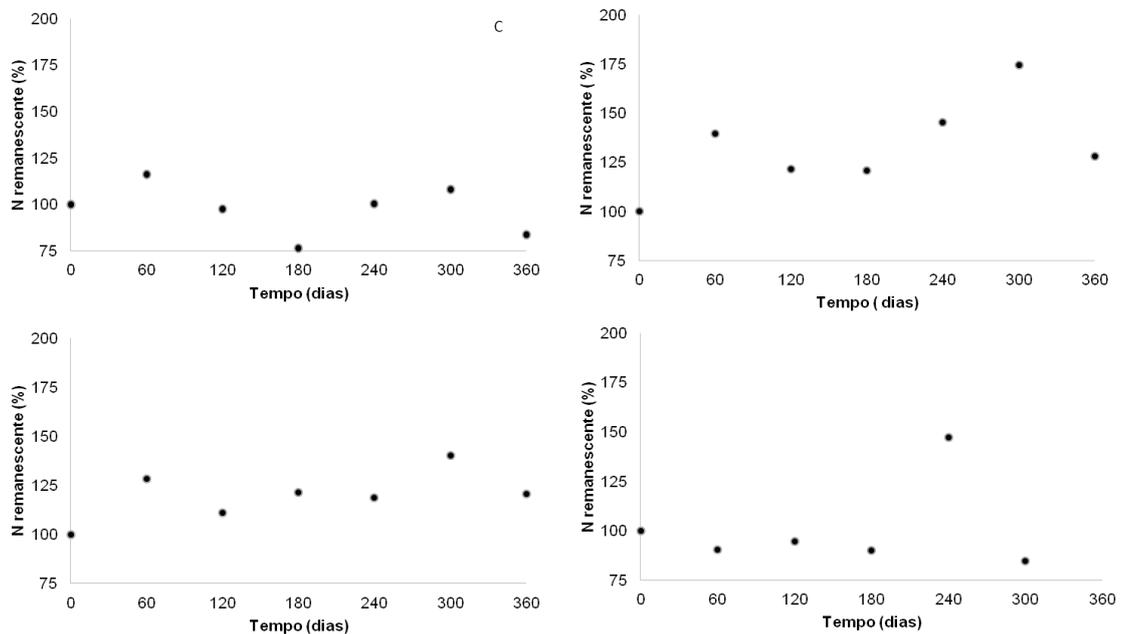


Figura 9 N remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.

A relação C/N de todas as combinações de resíduos (tratamentos) variou ao longo do tempo, sendo que os tratamentos que continham ingá apresentaram as menores relações C/N ao final do experimento. Apesar de iniciar e terminar, com uma relação C/N propícia a mineralização entre 20-25:1, os tratamentos

com ingá, devido à constituição química do mesmo, apresentaram baixa taxa de mineralização evidenciada pela menor redução da massa seca.

Nos demais tratamentos, houve aumento da relação C/N. Isso pode ser explicado pois ao final do experimento os resíduos de café eram constituídos basicamente de pequenos galhos, material com alta relação C/N. Nestes tratamentos a relação C/N final foi sempre superior a 30:1, relação que favorece imobilização do N (Figura 10).

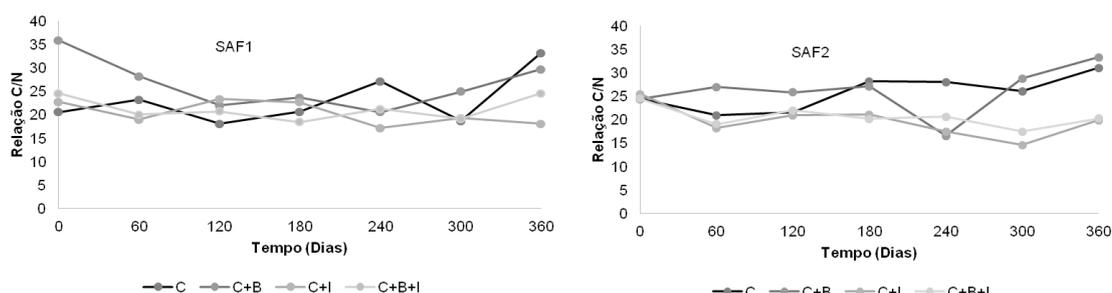


Figura 10: Mudanças na relação C/N para os quatro tratamentos, nos SAF.

Houve diferenças entre os tratamentos com ingá e os demais quanto ao conteúdo final de N (Tabela 6). Essa diferença se deve à baixa mineralização apresentada por esta espécie, somada com a rápida mineralização apresentada pelos resíduos provenientes da banana e do cafeeiro.

Tabela 6: Teor médio de nitrogênio (dag kg⁻¹) por tratamento, ao final do experimento

Tratamento	SAF1	SAF2
C	2,25421 ab	1,97379 b
C+B	1,95079 b	1,98493 b
C+I	2,48729 a	2,60879 a
C+B+I	2,37571 a	2,45300 a

*. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey (p=0,05).

4.3.3. Potássio

O K está presente na forma iônica e não está ligado a estruturas orgânicas, sendo facilmente liberado (Malavolta, 2006). O simples processo de lixiviação é um dos mecanismos mais efetivos para a transferência desse

elemento dos resíduos vegetais para o solo, não sendo necessária a previa mineralização do material (Costa et al., 2005).

No SAF1 foi possível ajustar modelos de regressão com R^2 elevados, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou (Figuras 11 e 12). Dentro os modelos o do C+B foi o que o melhor se ajustou ($R^2=0,92$).

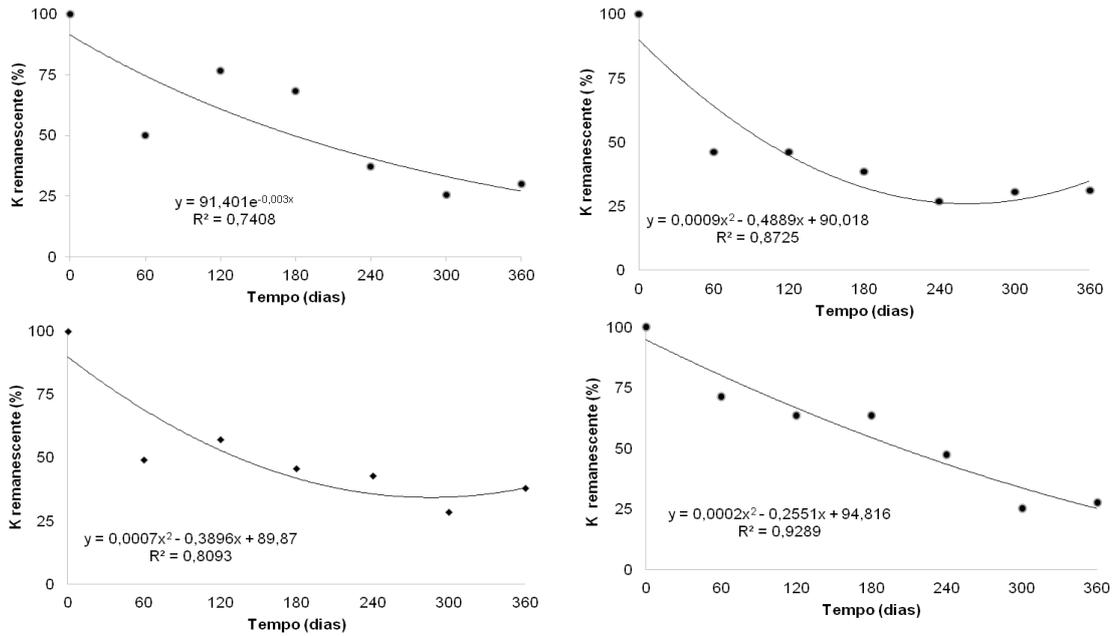


Figura 11 Conteúdo de K remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1.

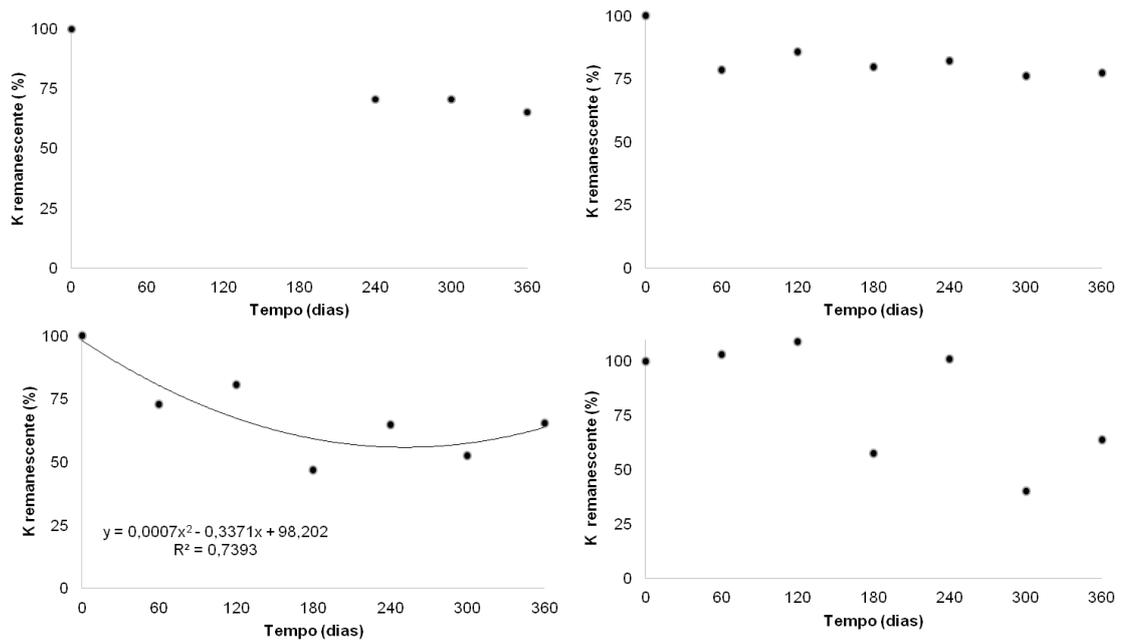


Figura 12: K remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2.

O SAF1 é um consórcio de cafeeiro com banana, uma planta com elevada demanda de K e que acumula grande quantidade desse nutriente em seus tecidos. Isso contribui para que os teores de K no solo desse agrossistema seja inferior ao SAF2 (Tabela 2).

Pelo fato de utilizar adubação mineral, com o K sendo facilmente lixiviado, a bananeira funciona como um reservatório de K, que através de podas, manejo e a queda de folhas pode devolver este nutriente para o cafeeiro.

Para o K não foi feito o teste de médias, pois os dados não apresentaram normalidade.

4.3.4. Cálcio e Magnésio

Para o Ca, foi possível obter modelos ajustados com R^2 elevados, sendo o modelo quadrático o que melhor se ajustou (Figuras 13 e 14). O tratamento C+I, no SAF2 foi o que melhor se ajustou ($R^2=0,87$). Neste tratamento, como em praticamente todos, exceção para o tratamento C no SAF2 (Figura 14), ocorreu imobilização de Ca. Essa imobilização foi acentuada até os 180 dias de experimento e pode ser explicada pela baixa mobilidade do Ca (Malavolta, 2006).

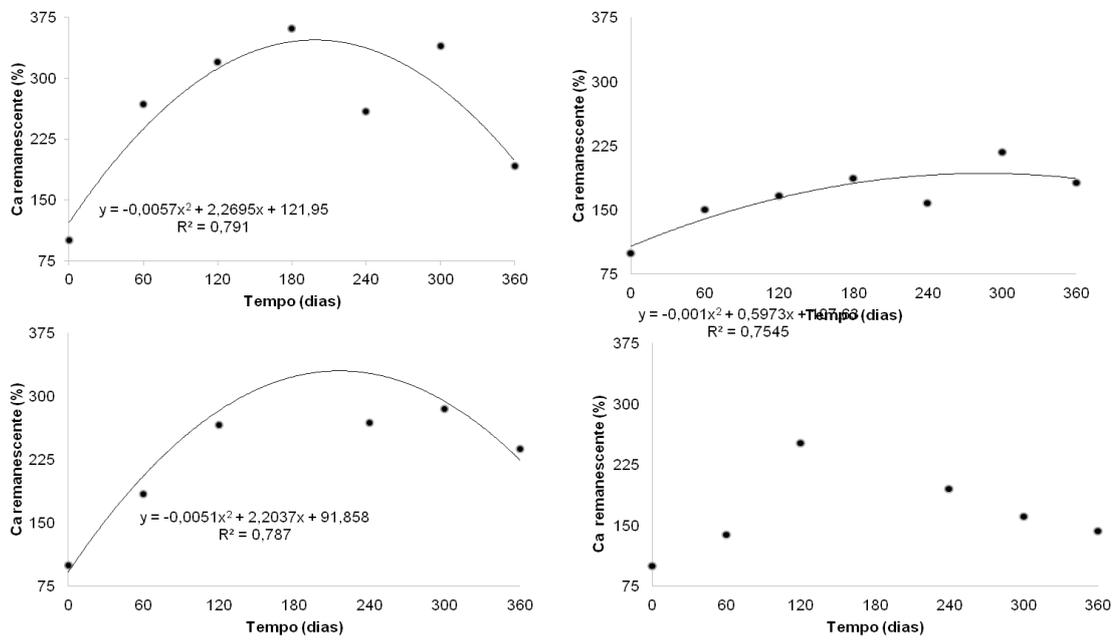


Figura 13: Ca remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1

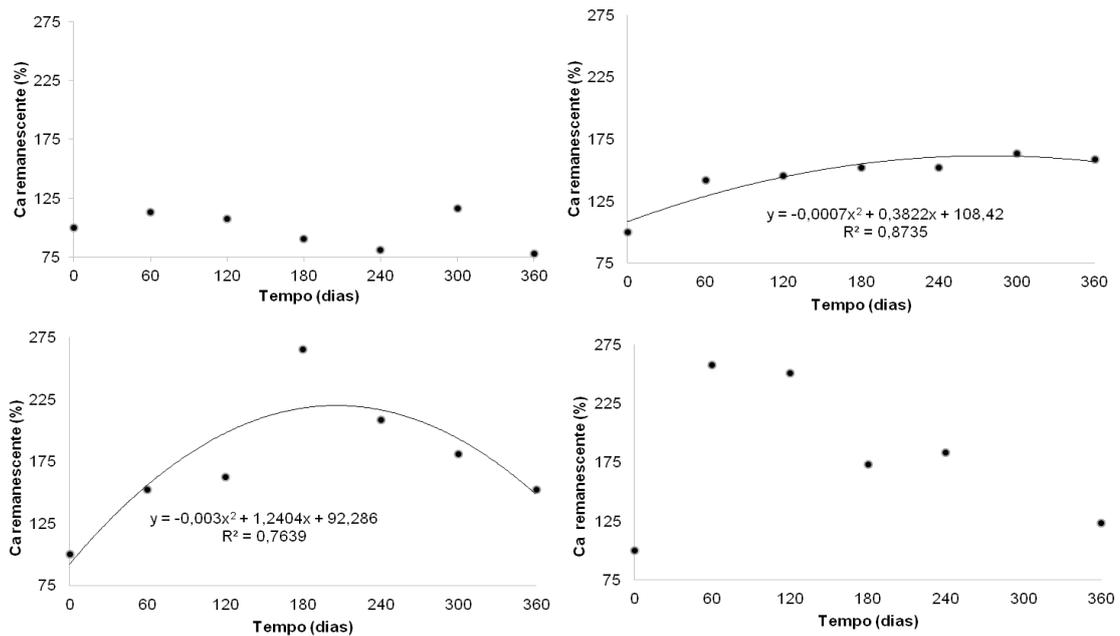


Figura 14 Ca remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2

Para o Ca não foi realizado o teste de médias, pois os dados não apresentaram normalidade

O Mg teve comportamento similar ao Ca com imobilização em praticamente todos os tratamentos (Figuras 15 e 16), exceção para o tratamento C no SAF1 (Figura 15). Elemento estrutural o Mg, ioniza na forma de cátion, que é atraído pela matéria orgânica sendo pouco lixiviado e se concentra nos resíduos (Melo et al., 1995).

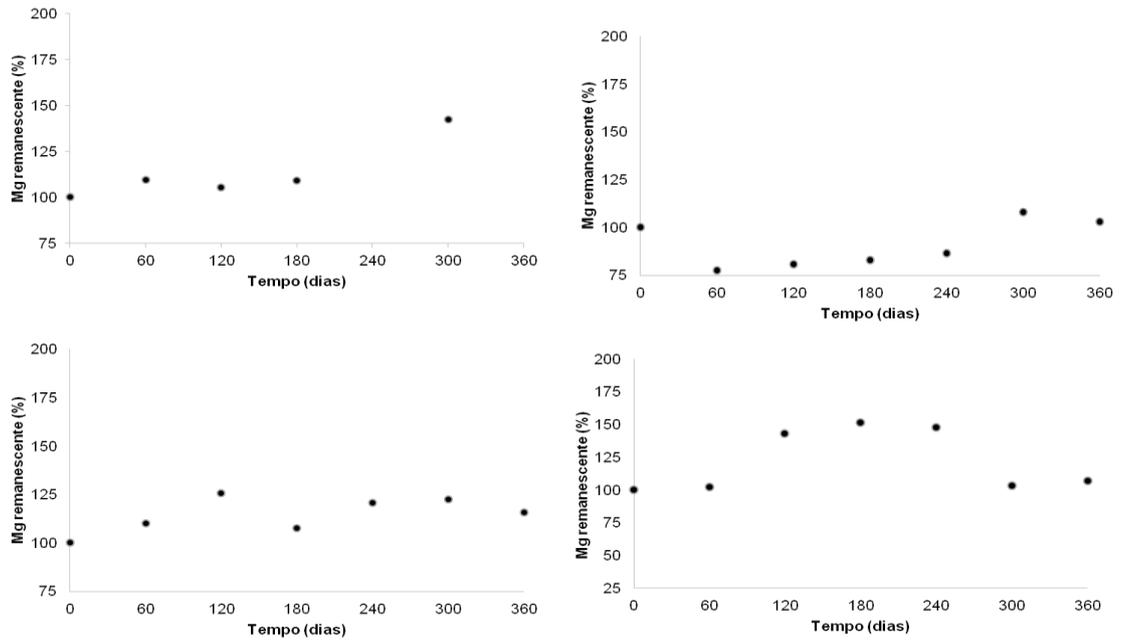


Figura 15: Mg remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF1

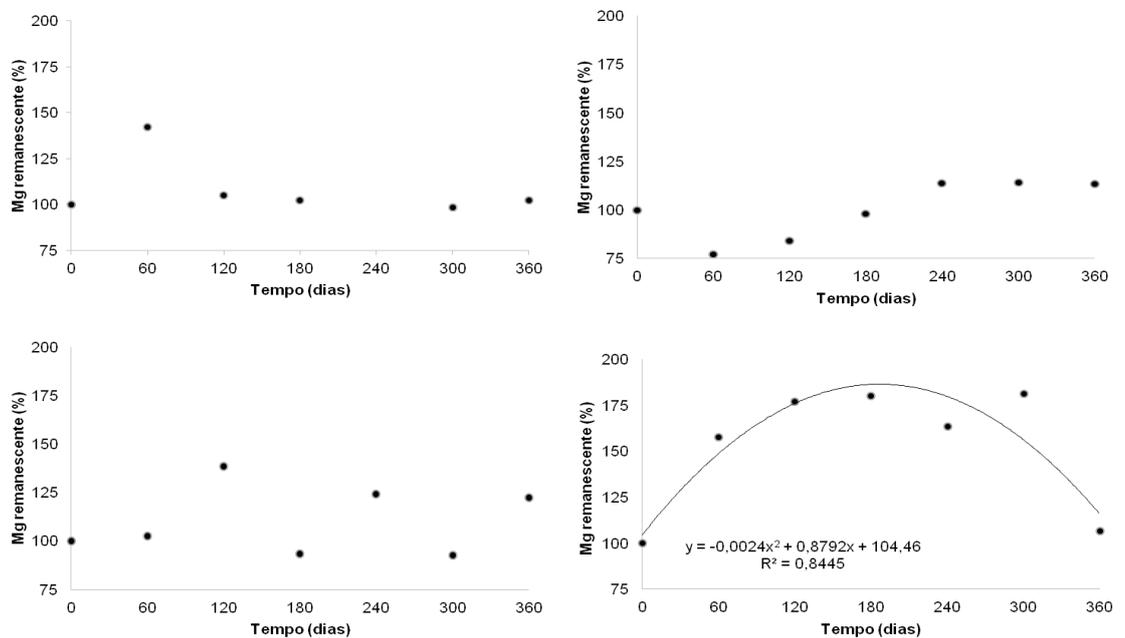


Figura 16: Mg remanescente, ao fim do experimento, nos resíduos vegetais dos tratamentos, em sentido horário, Cafeeiro (C), Cafeeiro + Banana (C+B), Cafeeiro + Ingá (C+I) e Cafeeiro + Banana + Ingá (C+B+I) no SAF2

Para o SAF1 não houve diferença entre os tratamentos (Tabela 7), já no SAF2 o tratamento C+B apresentou diferença em relação aos demais,

apresentando os maiores teores. O tratamento C+I também diferiu dos demais, apresentando os menores teores de Mg.

Tabela 7: Teor médio de magnésio (dag kg^{-1}), por tratamento, ao final do experimento.

Tratamento	SAF1	SAF2
C	0,34600 a	0,32479 ab
C+B	0,35514 a	0,37457 a
C+I	0,29693 a	0,27436 b
C+B+I	0,33471 a	0,31971 ab

*. Médias seguidas pelas mesmas letras, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p=0,05$).

5. Conclusões

A combinação de espécies, aquelas com rápida decomposição e liberação de nutrientes, com aquelas de decomposição mais lenta é importante para garantir um fluxo contínuo de nutrientes para a cultura, no caso o cafeeiro. Essa combinação de espécies garante também um maior aproveitamento da adubação, que é utilizada no SAF1.

Os resíduos se mostram uma fonte de rápida disponibilização de K, com liberação rápida até os 180 dias e o fósforo tem sua mineralização efetiva a partir dos 180 dias. Já o nitrogênio apresenta tendência a mineralização a partir dos 300 dias.

Pelos baixos níveis de P presentes no solo do SAF2, a poda é técnica de manejo importante para incrementar a ciclagem deste elemento, evitando, assim, que grande parte dele fique imobilizada nos tecidos do ingá.

6. Referências Bibliográficas

ALTIERI, M. A. **Agroecologia: a dinâmica produtiva da agricultura sustentável**. Porto Alegre: Editora UFRGS, 2004. 110p.

AQUINO, R. N. DE A., **Utilização de espécies vegetais na recuperação de solo sob área degradada Manaus-AM**. Manaus: Universidade Federal de Manaus, 2012. 104p.

BRAGA, J.M., DEFELIPO, B.V. Determinação espectrofotométrica de fósforo em extratos de solos e plantas. **Revista Ceres**, v.21, p.73-85, 1974.

CAMPANHA, M. M.; SANTOS, R. H. S.; FREITAS, G. B.; MARTINEZ, E. P.; GARCIA, S.; FINGER, F. L. Growth and yield of coffee plants in agroforestry and monoculture systems in Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 63, p. 75-82, 2004.

CARVALHO, A., DANTAS, R., COELHO, M. C., LIMA, W. M., SOUZA, J., FONSECA, O. P., & GUIMARÃES JÚNIOR, R. **Teores de hemiceluloses, celulose e lignina em plantas de cobertura com potencial para sistema plantio direto no Cerrado**. Planaltina, Distrito Federal: Embrapa Cerrados 2010. 15p. (EMBRAPA – Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 290)

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

CORRÊA, M. M., ANDRADE, F. D., MENDONÇA, E. D. S., SCHAEFER, C. E. G. R., PEREIRA, T. T. C., ALMEIDA, C. C.. Ácidos orgânicos de baixo peso molecular e ácidos húmicos e alterações em algumas propriedades físicas e químicas de Latossolos, Plintossolo e Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**,v.32, n.1, p.121-132,2008.

DUARTE, E. M., CARDOSO, I. M., STIJNEN, T., MENDONÇA, M. A. F., COELHO, M. S., CANTARUTTI, R. B., MENDONÇA, E. S. Decomposition and nutrient release in leaves of Atlantic Rainforest tree species used in agroforestry systems. **Agroforestry Systems**, v.87, n.4, p.835-847,2013.

ENGEL, V. L. **Introdução aos sistemas agroflorestais**. 1. ed. Botucatu: UNESP, 1999. 70 p.

ESPINDOLA, J. A. A., GUERRA, J. G. M., ALMEIDA, D. L. D., TEIXEIRA, M. G., & URQUIAGA, S Decomposition and nutrient release of perennial herbaceous legumes intercropped with banana. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, n.2, p.321-328,2006.

FRANCO, F. S., COUTO, L., CARVALHO, A. D., JUCKSCH, I., FERNANDES FILHO, E. I., SILVA, E., & MEIRA NETO, J. A. A. Quantificação de erosão em sistemas agroflorestais e convencionais na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, v.26, n.6, p.751-760, 2002.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; BARROS, N. F.; SANTOS, M. L., Decomposição e liberação de nutrientes do folheto de espécies florestais nativas em plantios puros e mistos no sudeste da Bahia, **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 27, n. 6, p. 1021–1031, 2003.

GAMA-RODRIGUES, A. C.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; BARROS, N. F. Balanço de carbono e nutrientes em plantio puro e misto de espécies florestais nativas no sudeste da Bahia. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 32, n. 3, p. 1165-1179, 2008.

GOLDSCHMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins**: occurrence, formation, structure and reactions. New York: John Wiley & Sons, 1971. p.241-298.

GOLLEY, F. B.; Mc GINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de floresta tropical úmida**. São Paulo: Pedagógica e Universitária, 1978. 256p.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. Determinação do teor de lignina na madeira: método Klason modificado. **O Papel**. v.47, n.1, p.36-38, 1986

GONÇALVES FILHO, L. C., **Utilização do pseudocaule de bananeira como substrato da fermentação alcoólica: avaliação de diferentes processos de despolimerização**. 2011, 98f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) - Universidade da Região de Joinville-Univille - Joinville, 2011.

IJSN – INTITUTO JONES SANTOS NEVES. **Limites administrativos do Município de Alegre, com destaque para as comunidades**. Disponível em: http://www.ijsn.es.gov.br/Sitio/index.php?option=com_wrapper&view=wrapper&Itemid=109Acesso em 20. Out. 2015.

KHANNA, P. K. Nutrient cycling under mixed-species tree systems in southeast Asia. **Agroforestry Systems**, v. 38, n. 1-3, p. 99–120, 1997.

LUNDGREN, B.L.; RAIN TREE, J.B. Sustained agroforestry. In: ISNAR, B.(ed.). **Agricultural research for development: potentials and challenges in Asia**. Nestel: The Hague, 1982, p.37-49.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de árvores arbóreas nativas do Brasil**. Vol: 2, 3. ed, Nova Odessa- SP: Instituto Plantarum, 2009. 352p

LYNGBÆK, A. E.; MUSCHLER, R. G.; SINCLAIR, F. L. Productivity and profitability of multistrata organic versus conventional coffee farms in Costa Rica. **Agroforestry Systems**. v. 53, p. 205-213, 2001.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres 2006. 631p.

MATOS, E. S., FREESE, D., MENDONÇA, E. S., SLAZAK, A., HÜTTL, R. F. Carbon, nitrogen and organic C fractions in topsoil affected by conversion from silvopastoral to different land use systems. **Agroforestry Systems**, v.81, n.3, p.203-211, 2011.

MELO, V. F., BARROS, N. F., COSTA, L. M., NOVAIS, R. F., & FONTES, M. P. F. Formas de potássio e de magnésio em solos do Rio Grande do Sul, e sua relação com o conteúdo na planta e com a produção em plantios de eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.19, n.2, p.165-171, 2011.

MENDONÇA, E. S. et al. Sistemas agroflorestais: contribuições para a sustentabilidade agrícola de propriedades familiares no bioma Mata Atlântica, In: CONGRESSO LATINOAMERICANO Y EUROPEO EN CO-INNOVACIÓN DE SISTEMAS SOSEÑIBLES DE SUSTENTO RURAL, 1., 2010, MINAS. CONGRESO DE CO-INNOVACIÓN DE SISTEMAS SOSTENIBLES DE SUSTENTO RURAL. MONTEVIDEO - URUGUAI: **Anais...** Departamenro de Publicaciones de la Faculdade de Agronomia, 2010. v. 1. p. 37-41.

MENDONCA, E. S.; STOTT, D. E. Characteristics and decomposition rates of pruning residues from a shaded coffee system in Southeastern Brazil. **Agroforestry Systems**. v. 57, n. 2, p. 117-125, 2003.

MOHAPATRA, D.; MISHRA, S.; SUTAR, N. Banana and its by-product utilisation: An overview. **Journal of Scientific and Industrial Research**. v. 69, n. 5, p. 323–329, 2010.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTTERMEIER, C.G. DA; FONSECA, G.A.B. da; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**. v.403: p.853 -858, 2000.

NAIR, P. K. R. Agroforestry systems and environmental quality: introduction. **Journal of environmental quality**. v. 40, n. 3, p. 784–790, 2011.

NAIR, P. K. R.; KUMAR, B. Mohan; NAIR, V. D. Agroforestry as a strategy for carbon sequestration. **Journal of Plant Nutrition and Soil Science**. v. 172, n. 1, p. 10–23, 2009.

NAIR, P. K. R. **An introduction to agroforestry**. 1. ed. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1993. 505p,

NAIR, P. K. R. Classification of agroforestry systems, **Agroforestry Systems**. v. 3, n. 2, p. 97–128, 1985.

PALM, C. A. Contribution of agroforestry trees to nutrient requirements of intercropped plants, **Agroforestry Systems**. v. 30, n. 1-2, p. 105–124, 1995.

PRIBYL, D. W. A critical review of the conventional SOC to SOM conversion factor, **Geoderma**. v. 156, n. 3-4, p. 75–83, 2010.

SOTHERS, C. A., COSTA, M. A. S., BRITO, J. M., SOUZA, M. A. D., MARTINS, L. H. P., LOHMANN, L. G., PROCÓPIO, L. **Flora da Reserva Ducke. Guia de identificação das plantas vasculares de uma floresta de terra-firme na Amazônia Central**. Manaus: INPA, 1999. 816p.

ROBERTSON, F.A.; MORGAN, W.C. Effects of management history and legume green manure on soil microorganisms under organic vegetable production. **Australian Journal of Soil Research**. n.34, p.427 - 440, 1996.

ROWELL, R. M. **Chemical modification of wood. Handbook of wood chemistry and wood composites**. ed. Chapter 14, p - 381- 420, 2005.

SALIBA, E. D. O. S., RODRIGUEZ, N. M., DE MORAIS, S. A. L., & PILÓ-VELOSO, D. Ligninas: métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência rural**, v.31, n.5, p.917-928, 2001.

SARRUGE, J. R., & HAAG, H. P. **Análise químicas em plantas**. Piracicaba: Depto. de Química, ESALQ" Luiz de Queiroz", 1974. 56p.

SEOANE, C. E. S., DIAZ, V. S., SANTOS, T. L., FROUFE, L. C. M. Corredores ecológicos como ferramenta para a desfragmentação de florestas tropicais. **Pesquisa Florestal Brasileira**. v.30, n.63, p.207-206, 2010.

SILVA, I. R. da, MENDONÇA, E. S. Matéria orgânica do solo. In: Novais et al. (Org.). **Fertilidade do Solo**. 1 ed. Viçosa-MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2009, p. 275-374.

SOMARRIBA, E. Revisiting the past: an essay on agroforestry definition. **Agroforestry Systems**. v.9: p.233-240, 1992.

SWITZER G. L.; NELSON, L. E. Maintenance of productivity under short rotation. In: FAO-IUFRO Proc. Int. Symp. For Fert. Ministere de l'Agriculture, Paris. **Anais**. p. 365-389, Paris 1973.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 264 om-88: preparation of wood for chemical analysis**. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1 1996.

TAPPI - Technical Association of the Pulp and Paper Industry. **TAPPI test methods T 204 om-88: solvent extractives of wood and pulp**. Atlanta: Tappi Technology Park, v.1, 1996.

TSUKAMOTO FILHO A. **Introdução do palmitreiro (Euterpe edulis Martius) em sistemas agroflorestais em Lavras – Minas Gerais**. 1999. 148p. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais). Universidade Federal de Lavras – UFLA - Lavras: UFLA, 1999..).

TULLY, K. L.; LAWRENCE, D.eborah; SCANLON, Todd M., More trees less loss: Nitrogen leaching losses decrease with increasing biomass in coffee agroforests, **Agriculture, Ecosystems and Environment**. v. 161, p. 137–144, 2012.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I., The agricultural matrix and a future paradigm for conservation, **Conservation Biology**. v. 21, n. 1, p. 274–277, 2007.

WIDER, R. K.; LANG, G. E. A Critique of the Analytical Methods Used in Examining Decomposition Data Obtained From Litter Bags. **Ecology**. v. 63, n. 6, p. 1636-1642, 1982.

WALLIS, A. F. A.; WEARNE, R. H.; WRIGHT, P. J. Analytical characteristics of plantation eucalypt woods relating to kraft pulp yields, **Appita Journal**. v. 49, n. 6, p. 427–432, 1996.