

ANA CAROLINA CAMPANHA DE OLIVEIRA

**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ: FIXAÇÃO E
NEUTRALIZAÇÃO DE CARBONO E OUTROS SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS**

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

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2013

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

T

O48s
2013

Oliveira, Ana Carolina Campanha de, 1983-
Sistemas agroflorestais com café : fixação e neutralização
de carbono e outros serviços ecossistêmicos / Ana Carolina
Campanha de Oliveira. – Viçosa, MG, 2013.
viii, 130 f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Inclui anexo.

Orientador: Cristine Carole Muggler.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.

Inclui bibliografia.

1. Ecologia agrícola. 2. Sustentabilidade. 3. Ecossistemas.
4. Sistemas agrícolas. 5. Comunidades vegetais.
6. Biodiversidade. 7. Carbono. 8. Mudanças climáticas.
I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Solos.
Programa de Pós-Graduação em Agroecologia. II. Título.

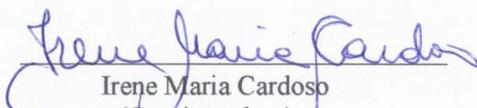
CDD 22. ed. 630.277

ANA CAROLINA CAMPANHA DE OLIVEIRA

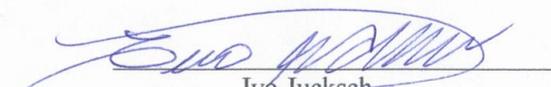
**SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ: FIXAÇÃO E
NEUTRALIZAÇÃO DE CARBONO E OUTROS SERVIÇOS
ECOSSISTÊMICOS**

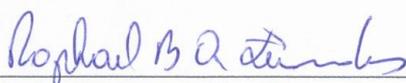
Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agroecologia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

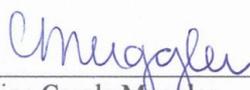
APROVADA: 10 de julho de 2013.


Irene Maria Cardoso
(Coorientadora)


Laércio Antônio Gonçalves Jacovine
(Coorientador)


Ivo Jucksch


Raphaél Bragança Alves Fernandes


Cristine Carole Muggler
(Orientadora)

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao professor Ivo, professora Irene e professor Jacovine, por acreditarem em mim e estarem sempre dispostos a ajudar, conversar e orientar. Vocês se tornaram além de orientadores desta pesquisa, pessoas pelas quais desenvolvi grande admiração e profundo respeito. Muito grata!

Aos agricultores de Araponga por me receberem em suas casas e permitirem que este estudo fosse realizado.

À professora Cristine pela confiança.

Ao prof. Raphael por aceitar o convite de compor a banca e contribuir para o aperfeiçoamento desta dissertação.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agroecologia da Universidade Federal de Viçosa pela oportunidade de realização deste curso, à CAPES pela concessão das bolsas de pesquisa e à FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto “Na Sombra de Minhas Árvores: Sistemas Agroflorestais na Mata Atlântica”, que permitiu a coleta de dados de campo desta pesquisa.

À Edivânia pelas informações compartilhadas.

Ao Henrique pelo auxílio nas coletas de campo e análise dos materiais.

Aos meus amigos pela enorme disposição em ouvir e sempre ajudar.

À minha mãe, meu pai e minha irmã, pelo apoio e incentivo que sempre me doaram.

Ao meu companheiro Matheus e à minha filha Maitê pelo companheirismo, compreensão, alegria e por me motivarem na longa caminhada!

SUMÁRIO

RESUMO	v
ABSTRACT	vii
CAPÍTULO 1	1
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	9
CAPÍTULO 2	13
FITOSSOCIOLOGIA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ: AMPLIANDO O ENTENDIMENTO DO MANEJO E DESENHO.....	13
RESUMO	13
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	18
2.1. Área de estudo	18
2.2. Seleção dos sistemas agroflorestais	20
2.3. Distribuição espacial das árvores, características fitossociológicas e função das espécies encontradas nos SAFs.....	21
2.3.1. Entrevistas livres com os agricultores	22
2.3.2. Georreferenciamento e caracterização espacial das árvores nos SAFs.....	22
2.3.3. Levantamento arbóreo.....	23
2.3.4. Índices de Diversidade	23
2.3.5. Inventário arbóreo	25
2.3.6. Avaliação da função das espécies nos SAFs:.....	27
3. RESULTADOS	29
3.1. Caracterização dos SAFs:	29
3.1.1. SAF _p	29
3.1.2. SAF _{R1} , SAF _{R2} e SAF _{R3}	30
3.2. Georreferenciamento e caracterização espacial das árvores:.....	32
3.3. Levantamento arbóreo:	35
3.4. Diversidade Florística	45
3.5. Inventário arbóreo.....	45
3.5.1. Estrutura Horizontal:	45
3.5.2. Estrutura Diamétrica:	50

3.6. Função das espécies nos SAFs:	52
4. DISCUSSÃO	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	63
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	64
CAPÍTULO 3	70
ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ	70
RESUMO	70
1. INTRODUÇÃO.....	72
2. MATERIAIS E MÉTODOS.....	75
2.1. Área de estudo	75
2.2. Estoque de carbono em SAFs com café.....	76
2.2.1. Estoque de carbono da parte aérea das árvores em SAFs	77
2.2.2. Estoque de carbono nas bananeiras	81
2.2.3. Estoque de carbono na parte aérea das plantas de café	81
2.2.4. Estudo de caso: espécie <i>Solanum mauriticum</i> (capoeira branca).....	87
2.2.5. Estoque de carbono total acima do solo dos componentes arbóreo e arbustivo dos SAFs com café	89
3. RESULTADOS	90
3.1. Estoque de carbono da parte aérea das árvores em SAFs.....	90
3.2. Estoque de carbono nas bananeiras	93
3.3. Estoque de carbono na parte aérea dos pés de café em SAFs.....	94
3.4. Estoque de carbono total acima do solo dos componentes arbóreo e arbustivo de SAFs com café.....	97
4. DISCUSSÃO	98
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	102
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
CAPÍTULO 4	108
CONSIDERAÇÕES FINAIS	108
ANEXOS	110
ANEXO A	111

RESUMO

OLIVEIRA, Ana Carolina Campanha de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2013. **Sistemas agroflorestais com café: fixação e neutralização de carbono e outros serviços ecossistêmicos.** Orientadora: Cristine Carole Muggler. Coorientadores: Irene Maria Cardoso e Laércio Antônio Gonçalves Jacovine.

Os sistemas agroecológicos emergem como adequados à promoção da sustentabilidade e fortalecimento da agricultura familiar. Dentre as práticas agroecológicas com o potencial de promover uma matriz sustentável a partir de aspectos socioeconômicos, ambientais e éticos, destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Na região da Zona da Mata de Minas Gerais, os sistemas agroflorestais foram apontados como alternativa para enfrentar problemas crônicos relacionados à perda de qualidade do solo, à segurança alimentar e à diversificação da produção. Estes problemas ocorreram, principalmente, em consequência da adoção, a partir da década de 70, de políticas governamentais que incentivaram tecnologias baseadas na “revolução verde”. No município de Araponga, localizado na Zona da Mata de Minas Gerais, SAFs com café foram implantados em processo de experimentação participativa há quase 20 anos atrás, como alternativa para reverter o quadro de degradação observado nos agroecossistemas. Neste sentido, o presente estudo objetivou aprofundar as pesquisas relacionadas tanto ao desenho e função das espécies encontradas nos SAFs com café (*Coffea arabica*), quanto ao potencial de estoque de carbono destes agroecossistemas, com vistas a consolidá-los como promotores de serviços ecossistêmicos que contribuem tanto com a recuperação estrutural e funcional do bioma Mata Atlântica, quanto para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para o fortalecimento da agricultura familiar. Para isto, estruturou-se a dissertação em quatro capítulos. O capítulo 1 tratou da introdução geral. No capítulo 2 buscou-se caracterizar os SAFs com café agroecológicos da Zona da Mata, em relação aos seus desenhos e entender de que forma estes desenhos favorecem na prestação de serviços ecossistêmicos. Esta caracterização envolveu tanto análises fitossociológicas sobre a densidade e diversidade de espécies e distribuição espacial e diamétrica das árvores, quanto análises sobre a função das espécies nos sistemas e os principais objetivos dos SAFs. No capítulo 3 avaliou-se os SAFs com café a partir da sua capacidade de estocar carbono. Neste sentido foi calculado o estoque de carbono da biomassa aérea de árvores e arbustos de sistemas agroflorestais com café a partir da utilização de diferentes metodologias visando encontrar um valor médio mais confiável para cada componente avaliado. No capítulo 4 foram apresentadas as considerações finais. Foram avaliados quatro SAFs com café no

município de Araçuaia. Cada um destes sistemas apresentou objetivos e espécies arbóreas bem heterogêneas entre si. Dentre os principais objetivos dos SAFs destacaram-se a conservação e recuperação do solo, diversificação da produção (incluindo além da produção de café, a produção de alimentos e madeira para utilização dentro da propriedade) e a formação de quebra-vento para a lavoura. Os SAFs, em geral, apresentaram uma distribuição espacial das árvores agregada e possuem em média 180 árvores por hectare. Encontrou-se em média 20 espécies por SAF, distribuídas em 15 famílias botânicas. A diversidade florística avaliada nestes sistemas foi considerada alta, com índice de Shannon Weaver (H') de 3,36 e Equabilidade de Pielou (J) de 0,81. A análise da estrutura diamétrica dos SAFs mostrou que 61% dos indivíduos arbóreos presentes se encontram distribuídos nas classes de diâmetro menores, que vão de 4,5 a 19,5 cm de DAP. Os principais usos das espécies arbóreas dos SAFs envolvem a utilização de madeira para lenha e construções, produção de alimento e remédios caseiros, tanto para o homem quanto para animais e atração de fauna, com ênfase na utilização de espécies melíferas. Ao calcular o estoque de carbono nos componentes arbóreo e arbustivo dos SAFs, encontrou-se, em média 18,60 toneladas de carbono por hectare na biomassa arbórea, 6,80 toneladas de carbono por hectare na biomassa dos cafeeiros e 0,1 toneladas de carbono por hectare na biomassa das bananeiras, totalizando um estoque de carbono calculado para a biomassa acima do solo de 25,55 toneladas de carbono por hectare. Pode-se concluir que os SAFs além de oferecer uma produção diversificada fornecem inúmeros outros serviços ecossistêmicos contemplando tanto serviços de provisão, como serviços de suporte, de regulação e culturais. Além disso, constatou-se que SAFs com café apresentam diversidade de espécies comparável à áreas de florestas naturais. Quanto ao carbono, a incorporação de árvores ou arbustos em SAFs podem apresentar um estoque similar às áreas com vegetação natural e, aumentam, consideravelmente, o estoque de carbono em comparação com o café solteiro ou pastagens, contribuindo, assim, para a minimização da concentração dos gases de efeito estufa na atmosfera.

ABSTRACT

OLIVEIRA, Ana Carolina Campanha de, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, July 2013. **Agroforestry systems with coffee: fixation and neutralization of carbon and other ecosystem services.** Advisor: Cristine Carole Muggler. Co-advisors: Irene Maria Cardoso and Laércio Antonio Gonçalves Jacovine.

The agroecological systems emerge as appropriate to promote sustainability and strengthening of family farming. Among the agroecological practices with the potential to promote sustainability from an array of socio-economic, environmental and ethical aspects stand out Agroforestry Systems (AFS). In the Zona da Mata of Minas Gerais, agroforestry systems have been highlighted as an alternative to enhance chronic problems related to loss of soil quality, food security and diversification of production. These problems occurred mainly as a result of the adoption, from the '70s, of government policies that encouraged technology based on "green revolution". In the municipality of Araçuaia located in the Zona da Mata of Minas Gerais, agroforestry systems with coffee were deployed in a process of participatory research nearly 20 years ago as an alternative to reverse the degradation observed in agroecosystems. In this sense, the present study aimed to further research related to the design and function of the species found in agroforestry systems with coffee (*Coffea arabica*) as well as the potential carbon stock of these agroecosystems, in order to consolidate them as promoters of ecosystem services that contribute both to the structural and functional recovery of the Atlantic Forest, and for mitigating the effects of climate change and the strengthening of family farming. For this, the dissertation is structured in four chapters. The chapter 1 dealt with the general introduction. In chapter 2 we sought to characterize the agroforestry systems with agroecological coffee in Zona da Mata, in relation to their designs and to understand how these designs favor the provision of ecosystem services. This characterization involved phytosociological analysis on the density and diversity of species and spatial distribution and diameter of the trees as well as the analyzes of the different species in the systems and the main goals of the agroforestry systems. In chapter 3 we assessed the agroforestry systems with coffee from its ability to store carbon. In this sense we calculated the carbon stock of aboveground biomass of trees and shrubs in agroforestry systems with coffee from the use of different methodologies in order to find a more reliable average value for each component assessed. In Chapter 4 we presented the closing remarks. Four agroforestry systems with coffee in the municipality of Araçuaia were assessed. Each of these systems had different goals and tree species. Among the main goals of the AFS stood out conservation and soil

restoration, diversification of production (including in addition of coffee production, the production of food and wood for use within the property) and the formation of a windbreak for farming. The AFS in general showed a spatial distribution trees aggregated and have an average of 180 trees per hectare. It was found on average 20 species per AFS, distributed in 15 botanical families. The floristic diversity evaluated in these systems has been high, with Shannon Weaver index (H') of 3.36 and evenness (J) of 0.81. The analysis of the diameter structure of the AFS showed that 61% of the individual trees present are distributed in smaller diameter classes, ranging from 4.5 to 19.5 cm DBH. The main uses of the tree species of agroforestry systems involve the use of firewood and constructions, production of food and home remedies, both for man and for animals, and attracting wildlife, with emphasis on the use of honey species. When calculating the carbon stock in arboreal and shrub components of the AFS, it was found on average 18.60 tons of carbon per hectare in tree biomass, 6.80 tons of carbon per hectare in coffee biomass and 0.1 tons of carbon per hectare in banana biomass, totaling a carbon stock calculated for the above-ground biomass of 25.55 tons of carbon per hectare. It can be concluded that the AFS besides offering diversified production provide many other ecosystem services covering both provision service, such as support services, regulatory and cultural. Furthermore, it was found that AFS with coffee present a diversity of species, comparable to natural forest areas. Considering the carbon, the incorporation of trees or shrubs in agroforestry systems can provide a stock similar to areas with natural vegetation and increase considerably the carbon stock compared to the single coffee or pasture, contributing to minimize the concentration of greenhouse gases in the atmosphere.

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO GERAL

O bem estar da sociedade está diretamente relacionado aos serviços ecossistêmicos. Estes são caracterizados como processos naturais que tem a capacidade de prover bens e serviços ecossistêmicos que satisfaçam as necessidades humanas direta ou indiretamente (GUEDES e SEEHUSEN, 2011; RECH e ALTMANN, 2009; VEIGA NETO et al., 2010; KITAMURA, 2003) e são proporcionados tanto pelos ecossistemas naturais quanto pelos ecossistemas manejados pelo homem (MURADIAN et al., 2010; CARDOSO et al. , 2010).

A Avaliação Ecossistêmica do Milênio (MA, 2005) definiu os serviços do ecossistema em quatro principais categorias: os **serviços de provisão** relacionam-se com a capacidade dos ecossistemas em prover bens (alimentos, matéria prima para geração de energia, fibras, fitofármacos, recursos genéticos e bioquímicos, plantas ornamentais, água); os **serviços reguladores** referem-se aos benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana (purificação do ar, regulação do clima, purificação e regulação do ciclo das águas, controle de enchentes e de erosão, tratamento de resíduos, desintoxicação e controle de pragas e doenças); os **serviços culturais** são os benefícios recreacionais, educacionais, estéticos, espirituais e; os **serviços de suporte** são os processos naturais necessários para que outros serviços existam (ciclagem de nutrientes; produção primária, formação de solos, polinização e a dispersão de sementes).

Estes serviços estão em sua maioria associados à biodiversidade. No entanto, a urbanização desordenada, o padrão de consumo insustentável, as mudanças recentes nas dietas alimentares, o aumento populacional e o modelo de agricultura dominante, aliados a diversos outros fatores são sérios desafios que comprometem a manutenção da biodiversidade, e conseqüentemente, os serviços ecossistêmicos (GUEDES e SEEHUSEN, 2011). O modelo de agricultura dominante, baseado na simplificação dos agroecossistemas a partir dos monocultivos, tem sido responsável, em grande parte, pela perda de biodiversidade em todos os biomas brasileiros, resultando também num crescente desequilíbrio ecológico, no rompimento de cadeias tróficas, na artificialização extrema das áreas de produção, com necessidade de permanentes subsídios externos. A estratégia que sustenta o atual modelo de

produção agropecuária, parte da premissa de que as terras devem ser “desocupadas” de sua vegetação natural antes de se iniciar o plantio dos cultivos econômicos ou a introdução das pastagens (CAPORAL, 2011). Isto tem elevado as taxas de desmatamento em todos os biomas brasileiros. A Mata Atlântica, por exemplo, de acordo com o “Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica” (SOS MATA ATLÂNTICA e INPE, 2013), teve, entre os anos de 2005 e 2008, 102.938 hectares de cobertura florestal nativa desmatados, sendo que Minas Gerais foi o estado onde os níveis de desmatamento foram mais críticos neste período.

Diante disto, inúmeros estudos científicos e ações políticas internacionais têm insistido sobre a necessidade de a sociedade buscar novos caminhos para o desenvolvimento, fugindo da lógica do crescimento econômico ilimitado e buscando apoiar ações que valorizam os serviços ecossistêmicos. Dentre estas pode-se citar a realização de diversas Conferências Mundiais para tratar sobre o Clima, Meio Ambiente e Biodiversidade. Em todos estes eventos enfatizou-se a importância da preservação e conservação dos habitats naturais para o bem estar das atuais e futuras gerações (ARONSON et al, 2011), despertando inúmeros países para a importância deste tema. Somado a isto, estudos tem ressaltado a grande importância da matriz na qual o ecossistema está inserido, em sua maioria agrícola (agroecossistemas), para a conservação da biodiversidade dos ecossistemas naturais. Além disto, reconhece-se a grande importância destes agroecossistemas em também fornecer diversos serviços à toda a humanidade (PERFECTO e VANDERMEER, 2008).

Quanto aos serviços oriundos dos agroecossistemas, a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO, 2007) destaca quatro principais. A **conservação da biodiversidade**, o **sequestro de carbono**, a **produção de água** e a **atenuação das mudanças climáticas**. Mas, outros serviços são igualmente importantes e deles dependem a manutenção da qualidade dos agroecossistemas. Dentre eles, destacam-se os serviços de controle de erosão, controle de enchentes, fornecimento de recursos genéticos, controle de doenças, serviços culturais, produção de alimentos, produção florestal, ciclagem de nutrientes, entre outros (ALTIERI e NICHOLLS, 2005).

O serviço de sequestro e estocagem de carbono destaca-se atualmente frente os problemas relacionados às mudanças climáticas. A estabilização das concentrações de gases de efeito estufa na atmosfera tem sido, desde 1992, o objetivo primordial da Convenção Quadro das Nações Unidas para Mudanças do Clima – CQNUMC. Desta forma, a partir da ratificação do Protocolo de Quioto, diversos países se comprometeram a reduzir suas

emissões de gases de efeito estufa. Além da redução das emissões, como forma de mitigar os problemas relacionados às emissões, diversas ações que envolvem a remoção ou captura destes gases, principalmente o carbono atmosférico de origem antrópica, responsável por até 80% do aquecimento global (YU, 2004), tem sido extremamente estimuladas.

Isto significa que no manejo dos agroecossistemas deve-se considerar todos os serviços ecossistêmicos e não apenas a produtividade procurando respeitar os princípios da sustentabilidade (CAPORAL e COSTABEBER, 2004). Os princípios incluem além da **produtividade**, a **estabilidade/resiliência**, a **flexibilidade**, a **equidade** e a **autonomia**.

A **produtividade** refere-se à capacidade do agroecossistema prover o nível adequado de bens, serviços e retorno econômico às famílias em um determinado período; a **estabilidade/resiliência** refere-se à capacidade do sistema de absorver efeitos de perturbações graves, retornando ao estado de equilíbrio (ALTIERI, 2002). Comunidades com maior diversidade de plantas tendem a serem mais resistentes a perturbações e mais resilientes a estresses ambientais (MOONEN e BÁRBERI, 2008). Cabe ressaltar que a resiliência ecológica dos sistemas agrícolas é essencial, mas não o suficiente para alcançar a sustentabilidade. A resiliência social, definida como a capacidade de grupos ou comunidades de se adaptar a tensões sociais, políticas ou ambientais (TOMPKINS e ADGER, 2004) é também muito importante. A resiliência social pode ser alcançada por meio da ampliação e consolidação de redes sociais, tanto em nível local como em escala regional (NICHOLLS e ALTIERI, 2012). A **flexibilidade** refere-se à capacidade do sistema de manter ou encontrar novos níveis de equilíbrio – continuar sendo produtivo – diante de mudanças de longo prazo nas condições econômicas, biofísicas, sociais, técnicas etc. (ALMEIDA, 2001); a **equidade** à capacidade de o sistema gerir, de forma justa e equilibrada, suas relações sociais e com o meio físico, distribuindo equilibradamente os custos e benefícios da produtividade em todos os campos das relações sociais em que se insere; inclui divisão social e técnica do trabalho familiar, relações de gênero e de geração, relações com os processos sociopolíticos e serviços ecossistêmicos; e a **autonomia**, que é a capacidade do sistema regular e controlar suas relações com agentes externos (ALTIERI, 2002). Inclui os processos de organização social e de tomada de decisões, e a capacidade para definir internamente as estratégias de reprodução econômica e técnica, os objetivos, as prioridades, a identidade e os valores do sistema (ALMEIDA, 2001).

Todos estes princípios são encontrados em diferentes níveis nos sistemas agroecológicos que emergem como adequados à promoção da sustentabilidade e

fortalecimento da agricultura familiar (PERFECTO e VANDERMEER, 2008). A Agroecologia enquanto ciência proporciona as bases científicas do processo de transição do modelo de agricultura convencional para estilos de agricultura ecológica ou sustentável (CAPORAL e RAMOS, 2006) e engloba um campo de conhecimentos de caráter multidisciplinar, com princípios, conceitos e metodologias que permitem estudar, analisar, construir, orientar e avaliar agroecossistemas.

A agricultura de base agroecológica tem sido apontada internacionalmente como capaz de aliar preservação ambiental e produtividade (DE SCHUTTER, 2012; PERFECTO et al., 2009) e as experiências brasileiras com a agroecologia tem sido utilizadas para subsidiar o debate (WEZEL et al., 2009). Entretanto, a agroecologia não é reconhecida apenas como uma ciência, mas como um movimento e como uma prática agrícola (WEZEL, et. al, 2009).

O manejo do agroecossistema, a partir da perspectiva agroecológica, objetiva aumentar no curto prazo os serviços dos agroecossistemas (em termos de bens e processos ou magnitude dos processos) a partir da biodiversidade e com isto garantir os princípios da sustentabilidade. Dentre as práticas agroecológicas com o potencial de promover uma matriz sustentável a partir de aspectos socioeconômicos, ambientais e éticos, destacam-se os Sistemas Agroflorestais (SAFs). Por isto, os sistemas agroflorestais (SAFs) têm sido propostos como a melhor opção para alcançar tanto a conservação da biodiversidade, como a melhoria da qualidade de vida dos agricultores dos trópicos (VANDERMEER e PERFECTO, 2007). Além disso, os SAFs podem melhorar a qualidade da matriz agrícola no entorno dos fragmentos florestais, facilitando a migração entre os mesmos e, com isto, a sua conservação (PERFECTO et al., 2009).

Nos SAFs são utilizados componentes lenhosos e herbáceos (árvores, arbustos, palmeiras, bambus, cipós) associados a cultivos agrícolas e, ou animais em uma mesma área, de maneira simultânea ou seqüencial, com o objetivo de promover uma eficiente ocupação dos estratos verticais, tanto acima do solo como no solo, promover diversas interações ecológicas entre seus componentes e diversos benefícios socioeconômicos resultantes dessas interações (GAMA 2003). Dentre estes serviços, o fornecimento de sombra pelas copas das árvores e redução da evaporação do solo; a redução da temperatura fornecendo um microclima mais moderado para o crescimento das culturas e a proteção do solo dos impactos da chuva faz com que se aumente a infiltração da água, ocorra uma redução da evaporação da superfície, das enxurradas e da erosão. A incorporação dos resíduos no solo adiciona matéria orgânica e melhora a qualidade do solo. Abaixo do solo, as raízes das árvores penetram em

camadas mais profundas do que as raízes das culturas e trazem nutrientes para a superfície através da queda das folhas. Estas raízes aumentam a interação com micorrizas em profundidade (CARDOSO et al., 2003). Espécies arbóreas fixadoras de nitrogênio capturam este nutriente essencial a partir da atmosfera e o tornam disponível para as plantas de cultivo (SCHROEDER, 1993; YOUNG, 1997) As árvores, especialmente, devido a à sua multifuncionalidade, favorecem a biodiversidade associada, como polinizadores e pássaros, e esta é responsável por inúmeros serviços ecossistêmicos. Os SAFs possuem ainda o potencial de diminuir os desmatamentos pela redução da necessidade de retirar madeiras das florestas, já que estes sistemas devido ao manejo, como podas, fornecem grande quantidade de madeira para a propriedade (SCHROEDER, 1993).

Em especial, as práticas agroflorestais são atraentes, pois mitigam os efeitos do aquecimento global, captando e armazenando carbono diretamente no componente arbóreo (MUTUO et al., 2005). Sabe-se que o potencial dos SAFs para sequestrar carbono varia de acordo com o tipo de sistema, composição de espécies, idade das espécies componentes, localização geográfica, fatores ambientais e práticas de manejo (JOSE, 2009) e atualmente, devido a grande dificuldade e inviabilidade de utilização de métodos destrutivos para a determinação do estoque de carbono na biomassa terrestre, métodos indiretos, tais como a utilização de equações alométricas, tem sido muito recomendados (TITO et al., 2009).

Na região da Zona da Mata de Minas Gerais, os sistemas agroflorestais foram apontados como alternativa para enfrentar problemas crônicos relacionados à perda de qualidade do solo em razão de processos de degradação ambiental dos agroecossistemas e para diversificar a produção (SOUZA et al., 2012). Além disso, se mostraram como alternativa de melhorar a segurança alimentar e enfrentar os problemas relacionados a grande oscilação dos preços do café, a principal fonte de renda da maioria dos agricultores da região (CARDOSO et al., 2001; SOUZA et al., 2010).

A Zona da Mata mineira está inserida no bioma Mata Atlântica e era originalmente quase toda coberta por floresta estacional semidecidual formada por latifoliadas. A introdução da cultura do café, no início do século XIX, foi uma das principais causas da devastação das florestas e da erosão dos solos, uma vez que, via de regra, os cultivos eram feitos a pleno sol, morro abaixo e sem nenhuma preocupação conservacionista (FERRARI, 1996). O café cedeu lugar, em muitos casos, às pastagens e hoje a Zona da Mata é uma importante bacia leiteira de Minas Gerais (IBGE, 2006).

O município de Araponga está situado na Zona da Mata mineira e é um dentre outros municípios que se localiza no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro (PESB), uma das reservas naturais mais importantes do estado de Minas Gerais, sendo classificada na categoria de Importância Biológica Alta (COSTA et al., 1998) e considerada uma das últimas áreas primitivas de Floresta Atlântica no Estado de Minas Gerais (LEONI, 2002).

A degradação ambiental observada tanto no município de Araponga quanto nos outros municípios da Zona da Mata se deu, principalmente, em consequência da adoção, a partir da década de 70, de políticas governamentais que incentivaram tecnologias baseadas na “revolução verde”. Tais tecnologias não estavam adaptadas às características ambientais da região e causaram problemas ambientais e sociais como perda de biodiversidade, poluição por agrotóxicos, perda da qualidade da água, erosão do solo, desmatamento e enfraquecimento da economia familiar, entre outros (FERRARI, 1996).

Neste contexto, o enfoque agroecológico, a partir da prática dos SAFs, emergiu como adequado à promoção da sustentabilidade e fortalecimento da agricultura familiar na região. Os SAFs com café foram implantados na Zona da Mata de 1994 a 1995. Para isso, foi feita uma parceria entre agricultores familiares, sindicatos de trabalhadores rurais, o Centro de Tecnologias Alternativas da Zona da Mata – CTA-ZM (organização não governamental que atua na Zona da Mata) e a Universidade Federal de Viçosa e iniciou-se um processo de experimentação participativa com os SAFs. Incentivou-se, principalmente, o uso de espécies nativas da região e frutíferas, para compor o sistema arbóreo e arbustivo. Para compor o sistema herbáceo incentivou-se o uso de leguminosas, de plantas alimentícias e, em especial, da vegetação espontânea, a partir da sua roçagem. Segundo os agricultores experimentadores da Zona da Mata, SAFs com café possuem pelo menos um estrato arbóreo diversificado, um estrato arbustivo (o café necessariamente, podendo ter outras espécies) e um estrato herbáceo, podendo ser leguminosa introduzida como adubação verde, vegetação espontânea, alimentícia etc. (SOUZA et al., 2012a).

Para a implantação dos SAFs, agricultores e seus parceiros discutiram os princípios da experimentação, mas os agricultores tiveram autonomia para desenhar seus experimentos e decidir quais espécies introduzir e de que forma. Por isto observa-se na região, uma enorme diversidade de desenhos de SAFs com café. Em linhas gerais, além do conhecimento ecológico sobre as espécies, os saberes populares e as características naturais de cada ambiente influenciaram na definição dos desenhos e no manejo das áreas. Entender melhor estes desenhos e a função que as espécies exercem em cada situação é importante para a

replicação dos mesmos em outras propriedades. Desta forma, o estudo fitossociológico destes sistemas se torna fundamental. A fitossociologia envolve o estudo das interrelações de espécies vegetais dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo e refere-se, em linhas gerais, ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais de comunidades vegetais (MARTINS, 1989), permitindo um maior conhecimento dos ambientes naturais. Dentre os parâmetros fitossociológicos mais utilizados, destacam-se os que envolvem as análises de estrutura horizontal, e diamétrica e os índices que analisam a diversidade e heterogeneidade de vegetações.

Como forma de apontar lições aprendidas com 10 anos de implantação sobre os SAFs, sistematizou-se a experiência de forma participativa. A sistematização apontou que, a partir do uso dos SAFs, os serviços dos agroecossistemas foram ampliados na Zona da Mata. Em relação aos sistemas de café a pleno sol, os sistemas de café agroflorestal promoveram maior retorno econômico aos agricultores familiares, devido ao menor custo de produção e maior oferta de outros produtos, graças à diversificação da produção (SOUZA et al. 2010). A diversificação de espécies com a introdução das frutíferas potencializou ainda mais os SAFs, diversificando os alimentos para a família, a criação animal, a fauna e para a comercialização (FREITAS et al., 2009). O manejo dos SAFs foi importante no suprimento de madeira para muitas famílias, enquanto que para outras demonstrou potencial para tal (SOUZA, 2006).

Inúmeros outros serviços do ecossistema foram proporcionados pelos SAFs e muitas pesquisas ressaltam resultados positivos em relação à biodiversidade (FERNANDES, 2007; CARDOSO et al., 2010; SIQUEIRA, 2008), à ciclagem de nutrientes (DUARTE, 2007) e à água (CARNEIRO et al. 2009). Estes sistemas, em relação aos sistemas a pleno sol, melhoram a estrutura do solo (AGUIAR, 2008), reduzem as perdas de solo (CARVALHO, 2011), atenuam a temperatura da atmosfera e do solo dos cafezais (CARVALHO, 2011; SOUZA et al., 2012b), especialmente nos períodos mais quentes do ano, sendo portanto um sistema com potencial para mitigar localmente os efeitos do aquecimento global. Os SAFs contribuem também com a manutenção de polinizadores no sistema (FERREIRA, 2008).

Apesar dos inúmeros estudos relacionados aos serviços dos ecossistemas já realizados nos SAFs da Zona da Mata, estudos mais aprofundados relacionados ao sequestro de carbono (MONTAGNINI e NAIR 2004; OELBERMANN et al. 2004), com implicações na melhoria do clima, ainda não foram realizados. O conhecimento do potencial de armazenamento de carbono em sistemas agroflorestais pode também ser importante para o reconhecimento destes agroecossistemas em programas de pagamento por serviços ambientais, visto que no Brasil

vem sendo discutida uma Política Nacional de Pagamento por Serviços Ambientais e que o estado de Minas Gerais já possuiu um programa de Pagamento por Serviços Ambientais, instituído pela Lei 17.727/2008 (MINAS GERAIS, 2008).

Neste sentido, objetivou-se aprofundar os estudos relacionados à fitossociologia dos sistemas, em particular ao desenho e função das espécies e ao sequestro de carbono dos SAFs com café (*Coffea arabica*) na região da Zona da Mata com vistas a consolidar estes sistemas como promotores de serviços ambientais que contribuem tanto com a recuperação estrutural e funcional do bioma Mata Atlântica quanto para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para o fortalecimento da agricultura familiar.

Esta dissertação está estruturada em quatro capítulos. O capítulo 1 trata da introdução geral. No capítulo 2 buscou-se caracterizar a fitossociologia dos SAFs com café agroecológicos da Zona da Mata, procurando caracterizar seus desenhos e entender de que forma estes desenhos favorecem na prestação de serviços ecossistêmicos. Esta caracterização envolveu análises sobre a densidade e diversidade de espécies, a distribuição espacial, horizontal e diamétrica das árvores, a função das espécies nos sistemas e os principais objetivos dos SAFs. No capítulo 3 os SAFs com café foram avaliados a partir da sua capacidade de estocar carbono. Neste sentido foi calculado o estoque de carbono da biomassa aérea de árvores e arbustos de sistemas agroflorestais com café a partir da utilização de diferentes metodologias, visando encontrar um valor médio mais confiável para cada componente avaliado. O capítulo 4 apresenta as considerações finais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: Bases Científicas para uma Agricultura Sustentável**. Porto Alegre: Guaíba Agropecuária, 2002. 592 p.
- ALTIERI, M.A.; NICHOLLS, C.I. Agroecology and the search for a truly sustainable agriculture. Mexico: UNEP. 290p. 2005. (Basic Textbooks for Environmental Training, 9).
- ALMEIDA, S. G. Monitoramento de impactos econômicos de práticas agroecológicas (Termo de Referência). Rio de Janeiro: AS-PTA, 2001. (Mimeo.)
- ARONSON, J.; et al. What Role Should Government Regulation Play in Ecological Restoration? Ongoing Debate in São Paulo State, Brazil. Opinon Article. Restoration Ecology, vol. 16, n.6, pp 690-695. Nov, 2011.
- CAPORAL, F. R. 2011. Em defesa de um plano nacional de transição agroecológica: compromisso com as atuais e nosso legado para as futuras gerações. In: CAPORAL, F. R.; AZEVEDO, E. O. **Princípios e perspectivas da Agroecologia**. Instituto Federal de Educação, Ciência e tecnologia do Paraná – Educação à distância. 2011.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. **Agroecologia: alguns conceitos e princípios**. Brasília : MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24p.
- CAPORAL, F. R.; RAMOS, L. de F. **Da extensão rural convencional à extensão rural para o desenvolvimento sustentável: enfrentar desafios para romper a inércia**. Brasília, 2006.
- CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. **Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil**. Agricultural Systems, v.69, p.235-257. 2001.
- CARDOSO, I. M.; JUCKSCH, I.; SÁ MENDONÇA, E. de. **Indicadores de biodiversidade**. In: Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola. José Mario Lobo Ferreira et al. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. pag 231- 258.
- CARNEIRO, J.J.; CARDOSO, I.M.; MOREIRA, V.D. Agroecologia e Conservação de Água: Um Estudo de Caso no Município de Araponga, MG. Rev. Bras. de Agroecologia, 4(2):513-516, 2009.
- CARVALHO, A. F. de. **Água e radiação em sistemas agroflorestais com café, no território da Serra do Brigadeiro – MG**.2011. 115f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011.
- DE SCHUTTER, O. 2012. **Agroecology, a tool for the realization of the right to food**. In: Lichtfouse, E. Agroecology and Strategies for Climate Change. Spring 1-16.

DUARTE, E. M. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica.** (MS). DPS, UFV, Viçosa, 2007. 132 p.

FAO - Food and Agriculture Organization. The state of food and agriculture – 2007: Paying farmers for environmental services. Roma. 222p. (FAO Agriculture Series, 38). Disponível em <http://www.rlc.fao.org/es/agricultura/sofa/pdf/sofa07en.pdf>.

FERNANDES, J. M. **Taxonomia e etnobotânica de Leguminosas Adams, em fragmentos florestais e sistemas agroflorestais na Zona da Mata Mineira.** DBV, UFV, Viçosa, 2007. 78 p.

FERREIRA, F.M.C. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação.** Tese de Doutorado. Unviersidade Federal de Minas Gerais (Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre), Belo Horizonte. 2008.

GAMA, M. de M. B. 2003. **Análise técnica e econômica de sistemas agroflorestais em Machadinho d'Oeste, Rondônia.** Tese (Doutorado em Ciência Florestal) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.126 f.

GUEDES, F. B.; SEEHUSEN, S. E. **Pagamento por Serviços ecossistêmicos na Mata Atlântica: lições aprendidas e desafios.** Brasília: MMA, 2011.

KITAMURA, P. C. **Valoração de serviços ecossistêmicos em sistemas agroflorestais: métodos, problemas e perspectivas.** EMBRAPA Meio Ambiente. Jaguariúna, junho 2003.

MA. Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis.** Disponível em português em : <http://www.maweb.org/documents/document.446.aspx.pdf>: Island Press, 2005.

MARTINS, F. R. **Fitossociologia de florestas no Brasil: um histórico bibliográfico.** Pesquisa série Botânica, São Leopoldo, 40, 1989.

MINAS GERAIS. **Lei Nº 17.727**, de 14 de agosto de 2008. Dispõe sobre a concessão de incentivo financeiro a proprietários e posseiros rurais, sob a denominação de Bolsa Verde, para os fins que especifica, e altera as Leis nº 13.199, de 29 de janeiro de 1999, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos, e 14.309, de 19 de junho de 2002, que dispõe sobre as políticas florestais e de proteção da biodiversidade no Estado. Belo Horizonte, MG: Governo do Estado.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. **Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems.** Agrofor System. V. 61–62(1–3). p.281–295. 2004.

MOONEN A.C.; BÁRBERI P. **Functional biodiversity: An agroecosystem approach.** Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 127, p 7–21. 2008.

MURADIAN, R.; CORBERA, E.; PASCUAL, U.; KOSOY, N.; MAY, P.H. **Reconciling theory and practice: An alternative conceptual framework for understanding payments for environmental services.** *Ecological Economics*, 2010. N.69, p. 1202- 1208.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. **Crescimento e produção de Coffea arabica, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal.** II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória: EMBRAPA, 2001. 1678-1687 p.

NICHOLLS, C. I.; ALTIERI, M. A. **Estratégias Agroecológicas para aumentar a resiliência no contexto de mudanças climáticas.** 2012. *Agriculturas: experiências em agroecologia*. v. 28, n. 2. p. 14 - 19. 2012. Disponível em: <http://www.agriculturesnetwork.org/magazines/brazil/agroecologia-politica-na-rio-20/mudancas-climaticas>

OELBERMANN M.; VORONEY R. P.; GORDON, A. M. **Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada.** *Agric. Ecosyst. Environ.* v.104, p.359–377. 2004.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J. 2008. **Biodiversity conservation in tropical agroecosystems: a new conservation paradigm.** *Annals of the New York Academic of Sciences*, New York, 2008. V.1.134, p. 173-200.

PERFECTO, I.; VANDERMEER, J.; WRIGHT, A. 2009. **Nature's Matrix: Linking Agriculture, Conservation and Food Sovereignty.** EarthScan, Londres.

RECH, A. U.; ALTMANN, A. **Pagamento por Serviços ecossistêmicos: Imperativos jurídicos e ecológicos para a preservação e a restauração das matas ciliares.** Caxias do Sul, RS. Ed: Educs, 2009.

SCHROEDER, P. **Agroforestry systems: integrate land use to store and conserve carbon.** *Climate Research*, v 3, p.53-60. 1993.

SOUZA. H.N.; CARDOSO, I.M.; FERNANDES, J.M.; GARCIA, F.C.P.; BONFIN, V.R.; SANTOS, A.C.; CARVALHO, F.A.; MENDONÇA, E.S. **Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome.** *Agroforestry systems* 80:1-16. 2010.

SOUZA H.N.; CARDOSO, I.M.; MENDONÇA, E.S.; CARVALHO, F.A.; GJORUP, D.F.; OLIVEIRA, G.B.; BONFIN, V.R. **Learning by doing: a participatory methodology for systematization of experiments with agroforestry systems, with an example of its application.** *Agroforest Syst.* DOI 10.1007/s10457-012-9498-4 (publicado on-line). 2012a.

SOUZA H.N.; GOED, G.M., BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I.M.; DUARTE, E.M.G.; FERNANDES, R.B.A.; GOMES, L.C.; PULLEMAN, M.M. **Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*. v. 146, p. 179– 196. 2012b.

SOS MATA ATLÂNTICA; INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS ESPACIAIS (INPE), 2013. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica, 2013**. Disponível em http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3299. Acesso em maio de 2013.

TOMPKINS, E.L.; ADGER, W.N. **Does adaptive management of natural resources enhance resilience to climate change?** Ecology and Society, v. 9, n. 2. Disponível em: <http://www.ecologyandsociety.org/vol9/iss2/art10/main.html>

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. 2007. **The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation**. Conservation Biology. v. 21, p.274–277.

VEIGA NETO, F. C.; MAY, P. H.; VIVAN, J. L. **Marco referencial para serviços ecossistêmicos: reflexões sobre a prática**. In: Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola. José Mario Lobo Ferreira et al. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. pag 259-284.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DORÉ, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C. **Agroecology as a science, a movement and a practice. A review**. Agronomy for Sustainable Development, 2009.

YOUNG, A., 1997. **Agroforestry for Soil Management**, 2nd ed. CABInternational, Wallingford, UK, 320 pp.

YU, C. M. **Sequestro florestal do carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas**. São Paulo: Annablume; IEB, 2004. 200 p.

CAPÍTULO 2

FITOSSOCIOLOGIA DE SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ: AMPLIANDO O ENTENDIMENTO DO MANEJO E DESENHO

RESUMO

Na região da Zona da Mata mineira, Sistemas Agroflorestais (SAFs) foram propostos e implantados em diversos municípios com o objetivo de resgatar a saúde dos solos, a biodiversidade, a segurança alimentar e a autonomia dos agricultores. Os SAFs são importantes na prestação de serviços ecossistêmicos e por isto é necessário conhecer melhor a relação entre o desenho dos SAFs com o fornecimento destes serviços, o que poderá contribuir para ampliar a escala de utilização de sistemas agroflorestais com café. Objetivou-se neste estudo caracterizar os SAFs com café agroecológicos da Zona da Mata em relação aos seus desenhos e funções das espécies nos sistemas. Esta caracterização envolveu tanto análises fitossociológicas sobre a densidade e diversidade de espécies, a distribuição espacial e diamétrica das árvores, quanto análises sobre a função das espécies nos sistemas e os principais objetivos dos SAFs. Buscou-se entender de que forma estes elementos podem melhorar a qualidade da matriz agrícola e, conseqüentemente, a prestação de serviços ecossistêmicos por parte destes agroecossistemas. Foram estudados quatro SAFs com café visivelmente heterogêneos entre si, tanto em relação à distribuição espacial do componente arbóreo/arbustivo quanto em relação às principais espécies ocorrentes, localizados no município de Araponga, MG. Para a caracterização da distribuição espacial das árvores, dos parâmetros fitossociológicos e da função das espécies encontradas nos SAFs foram realizadas entrevistas livres com os agricultores, georreferenciamento dos perímetros dos SAFs e dos indivíduos arbóreos encontrados em cada sistema, um levantamento arbóreo e um inventário arbóreo. Foi encontrada uma média de 187 indivíduos arbóreos por hectare. O padrão de distribuição das árvores nos SAFs foi considerado, na maior parte das situações, um padrão agregado. Nos quatro SAFs foram encontradas 56 espécies arbóreas, distribuídas em 27 famílias botânicas. A diversidade florística, avaliada por índices de diversidade foi considerada alta e apresentou para o índice de Shannon Weaver (H') o valor de 3,36 e para o

índice de equabilidade de Pielou (J) o valor de 0,81. A maior parte (61%) dos indivíduos arbóreos amostrados se encontra distribuído em classes de diâmetro que vão de 4,5 a 19 cm de DAP, indicando que as árvores se encontram em estágio inicial de sucessão. A diversidade florística avaliada nos SAFs se mostrou elevada e apresentou valores compatíveis com os obtidos em fragmentos florestais da Zona da Mata em estágios iniciais de sucessão, como as capoeiras. A diversidade encontrada e a sua relação com os serviços ecossistêmicos fornecidos confirmam o potencial dos SAFs com café em oferecer uma matriz agrícola com potencial para contribuir com a manutenção e resgate da biodiversidade, amenizando os efeitos dos desmatamentos observados na região.

Palavras chave: diversidade, serviços ecossistêmicos, sustentabilidade.

1.INTRODUÇÃO

A Floresta Atlântica é considerada um dos cinco hotspots de biodiversidade do planeta, devido à sua riqueza e também devido à ameaça à sua biodiversidade (Myers et al., 2000). Da cobertura original, restam apenas 12,5% (INPE, 2013) e, grande parte está distribuída em fragmentos menores que 50 hectares (RIBEIRO, 2009), isolados por uma matriz agrícola com predominância de monocultura, o que não favorece sua preservação (Vandermeer e Perfecto 2007). Diante deste quadro, práticas que aliam a produção de alimentos com a manutenção da capacidade produtiva do solo e da biodiversidade, tais como os Sistemas Agroflorestais (SAFs), são extremamente necessárias neste bioma, com vistas à amenizar os efeitos dos desmatamentos a partir da manutenção e resgate da biodiversidade.

Sistemas Agroflorestais (SAFs) são uma prática de uso da terra que objetivam manter ou aumentar a produtividade agrícola, preservando ou melhorando a fertilidade dos solos. Propõe a incorporação da lógica da sucessão vegetal, da ciclagem de nutrientes e da biodiversidade aos sistemas agrícolas, em um processo em que os agricultores participam do desenho e avaliação dos modelos, para reduzir a aplicação dos insumos externos (ALTIERI, 1995). Estes sistemas atualmente têm sido cada vez mais reconhecidos como provedores de serviços ecossistêmicos, de benefícios ambientais e econômicos, como parte de uma agricultura multifuncional (JOSE, 2009). Neste sentido, reconhece-se que os serviços e benefícios oferecidos por práticas agroflorestais ocorrem ao longo de uma série de escalas espaciais e temporais (IZAC, 2003). Por sua vez, Moonen and Bárberi (2008) destacam que o sucesso destes sistemas está no aumento, em curto prazo, do fornecimento destes serviços (em termos de bens e processos ou magnitude dos processos).

Na região da Zona da Mata mineira, SAFs foram propostos e implantados em diversos municípios a partir da década de 1990, com o objetivo de resgatar a saúde dos solos, a biodiversidade, a segurança alimentar e a autonomia das famílias agricultoras (SOUZA et al., 2012). É uma região que teve como principal causa da devastação de suas florestas e da erosão dos solos, a introdução da cultura do café, no início do século XIX, que foi realizada sem nenhuma preocupação conservacionista (FERRARI, 1996). Desta forma, apesar de apresentar condições ambientais e climáticas favoráveis, os agricultores da região, em sua grande maioria, familiares, enfrentam problemas crônicos relacionados à queda de

produtividade da agricultura em razão de processos de degradação ambiental dos agroecossistemas (CARDOSO e FERRARI, 2006), fato fortalecido pela adoção de políticas governamentais, a partir da década de 1970, que incentivaram tecnologias baseadas na “revolução verde” (FERRARI, 1996).

Após anos de implantação dos SAFs, a experiência foi sistematizada de forma participativa. A sistematização apontou que, a partir do uso dos SAFs, os serviços dos agroecossistemas foram ampliados na Zona da Mata. Em relação aos sistemas de café a pleno sol, os sistemas de café agroflorestal promoveram maior retorno econômico aos agricultores, devido ao menor custo de produção e maior oferta de outros produtos, graças a diversificação da produção (SOUZA et al. 2010). A diversificação de espécies com a introdução das frutíferas potencializou ainda mais os SAFs, diversificando os alimentos para a família, a criação animal, a fauna e para a comercialização (FREITAS et al., 2009). O manejo dos SAFs foi importante no suprimento de madeira para muitas famílias, enquanto que para outras demonstrou potencial para tal (SOUZA, 2006).

Inúmeros outros serviços do ecossistema foram proporcionados pelos SAFs e muitas pesquisas ressaltam resultados positivos em relação à biodiversidade (FERNANDES, 2007; CARDOSO et al., 2010; SIQUEIRA, 2008), à ciclagem de nutrientes (DUARTE, 2007), ao controle biológico conservativo (REZENDE, 2010) e à água (CARNEIRO, 2009). Estes sistemas, em relação aos sistemas a pleno sol, melhoram a estrutura do solo (AGUIAR, 2008), reduzem as perdas de solo (CARVALHO, 2011), atenuam a temperatura da atmosfera e do solo dos cafezais (CARVALHO, 2011; SOUZA et al., 2012b), especialmente nos períodos mais quentes do ano, sendo, portanto, um sistema com potencial para mitigar localmente os efeitos do aquecimento global. Os SAFs contribuem também com a manutenção de polinizadores no sistema (FERREIRA, 2008).

Para a implantação dos SAFs, agricultores e seus parceiros discutiram os princípios da experimentação, mas os agricultores tiveram autonomia para desenhar seus experimentos e decidir quais espécies introduzir e de que forma, por isto observa-se na região, uma enorme diversidade de desenhos de SAFs com café. Em geral, partindo do princípio de que o café necessita em torno de 30% de insolação (JARAMILLO, 2003), a indicação para o plantio das árvores nos cafezais, segundo os agricultores, foi de que as copas das árvores não deviam se tocar (SOUZA, 2006). Além disso, os SAFs foram propostos e implantados dentro de uma concepção agroecológica, como forma de elevar o potencial de uso dos recursos naturais, de

forma integrada a estrutura de organização sócio-cultural da região e considerando as condições ambientais que promovem o desenvolvimento rural sustentável (SOUZA, 2006; SOUZA et al., 2012; SIQUEIRA, 2008).

De forma ampla, além do conhecimento ecológico sobre as espécies, os saberes populares e as características naturais de cada ambiente influenciaram na definição dos desenhos e no manejo das áreas. Entender melhor estes desenhos e a função que as espécies exercem em cada situação é importante para a replicação dos mesmos em outras propriedades. Desta forma, o estudo fitossociológico destes sistemas se torna fundamental. A fitossociologia envolve o estudo das interrelações de espécies vegetais, dentro da comunidade vegetal no espaço e no tempo e refere-se, em linhas gerais, ao estudo quantitativo da composição, estrutura, dinâmica, história, distribuição e relações ambientais de comunidades vegetais (MARTINS, 1989), permitindo um maior conhecimento dos ambientes naturais. Dentre os parâmetros fitossociológicos mais utilizados, destacam-se os que envolvem as análises de estrutura horizontal, e diamétrica e os índices que analisam a diversidade e heterogeneidade de vegetações.

Apesar de ser senso comum que os SAFs são importantes na prestação de serviços ecossistêmicos, poucos estudos foram desenvolvidos de forma a conhecer melhor a relação entre o desenho dos SAFs com o fornecimento destes serviços.

Desta forma, com vistas a ampliar a escala de utilização de práticas agroflorestais no cultivo do café, objetivou-se neste estudo caracterizar os SAFs com café agroecológicos da Zona da Mata em relação aos seus desenhos e funções das espécies nos sistemas. Buscou-se entender de que forma estes elementos podem melhorar a qualidade da matriz agrícola e, conseqüentemente, a prestação de serviços ecossistêmicos por parte destes agroecossistemas. Esta caracterização envolveu tanto análises fitossociológicas sobre a densidade e diversidade de espécies, a distribuição espacial e diamétrica das árvores, quanto análises sobre a função das espécies nos sistemas e os principais objetivos dos SAFs.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O município de Araponga

A coleta de dados foi realizada em SAFs com café localizados em propriedades de agricultura familiar, no município de Araponga (FIGURA 1), região da Zona da Mata Mineira, sudeste de Minas Gerais. Estes SAFs foram implantados em processo de experimentação participativa pelos agricultores com a assessoria do CTA-ZM e UFV, na década de 1990. Os sistemas foram adaptados às condições locais, e, por isto, possuem enorme diversidade de desenhos, manejo e de espécies.

Araponga é um dos municípios situados no entorno do Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, uma região que está entre as 76 áreas prioritárias para a conservação da biodiversidade no estado (COSTA et al. 1998).

O clima na região, de acordo com a classificação de Köppen é classificado como mesotérmico de altitude (Cw_b), com verões brandos a quentes e úmidos (RIBEIRO, 2003). A precipitação média anual é de 1.300 mm, com um período seco de dois a quatro meses e precipitação mensal acima de 100 mm nos períodos de outubro a março. A temperatura média anual é de 19°C. É uma região montanhosa com declividade variando de 20 a 45% nas encostas (GOLFARI, 1975) e os Latossolos, oriundos de gnaiss, predominam na região (KER, 1995).

O relevo é acidentado formado pelo conjunto de cadeias montanhosas e vales profundos, com altitudes entre 900 e 1995 m. O relevo exerce importante influência nas características climáticas, atenuando as temperaturas e criando um microclima peculiar frio, de elevada pluviosidade e alta umidade relativa nos vales. Nota-se, em grande parte do ano, a presença de neblina cobrindo as serras, principalmente nas primeiras horas da manhã (CAIAFA, 2002; RIBEIRO, 2003).

É uma região com elevada concentração demográfica na área rural (63% da população) e que possui um grande número de pequenas propriedades rurais manejadas por

agricultores familiares (IBGE, 2010). As principais atividades agrícolas são a pastagem e o café, quase sempre consorciados com culturas de subsistência, como o feijão e o milho (FREITAS et al., 2004), sendo que a cultura do café representa a principal fonte de renda da maioria destes agricultores (CARVALHO e FERREIRA NETO, 2000). É um município que, em geral, possui solos profundos que por isto, não apresentam restrições físicas ao desenvolvimento radicular das árvores. Além disso, está localizado em uma região cujas temperaturas são propícias ao bom desenvolvimento de café arábica, portanto com grande potencial para a implantação de sistemas agroflorestais com café (CARVALHO, 2011).

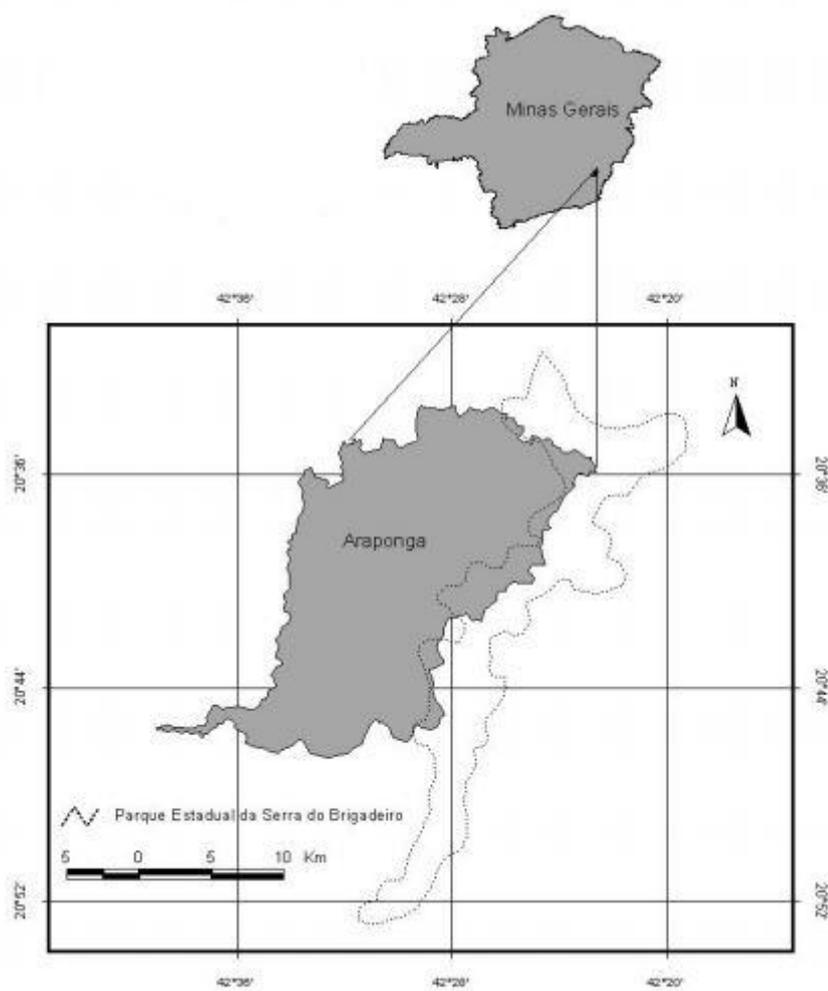


Figura 1. Localização do município de Araponga, MG e sua confrontação com o Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Fonte: adaptado de Fernandes, 2007.

2.2. Seleção dos sistemas agroflorestais

Para o presente trabalho selecionou-se quatro sistemas agroflorestais (SAFs) com café, no município de Araponga, localizados em duas propriedades de agricultura familiar produtoras de café. Devido à tamanha diversidade entre os SAFs encontrados na região, decidiu-se trabalhar com quatro sistemas visivelmente heterogêneos entre si, tanto em relação à distribuição espacial do componente arbóreo/arbustivo nos SAFs quanto em relação às principais espécies ocorrentes e ao formato e área total dos sistemas.

Os SAFs estudados localizam-se em uma propriedade na microbacia do Córrego São Joaquim (SAF_P) (FIGURA 2) e em uma propriedade na microbacia do córrego Lanás (SAF_{R1}, SAF_{R2}, SAF_{R3}) (FIGURAS 3, 4 e 5). A identificação dada aos SAFs traz as iniciais dos nomes dos agricultores para a diferenciação entre eles.



Figura 2. SAF_P. Microbacia do Córrego São Joaquim, Araponga, MG.



Figura 3. SAF_{R1}. Microbacia do Córrego Lanas, Araponga, MG.



Figura 4. SAF_{R2}. Microbacia do Córrego Lanas, Araponga, MG.



Figura 5. SAF_{R3}. Microbacia do Córrego Lanas, Araponga, MG.

2.3. Distribuição espacial das árvores, características fitossociológicas e função das espécies encontradas nos SAFs

A caracterização da distribuição espacial das árvores presentes nos SAFs, assim como o estudo das características fitossociológicas e das funções associadas às espécies encontradas, seguiu as seguintes etapas:

2.3.1. Entrevistas livres com os agricultores

Foram realizadas entrevistas livres (FRANS, 2002) com as famílias agricultoras sobre o histórico dos SAFs nas propriedades, desde sua implantação até os dias atuais. Além disso, buscou-se informações com os agricultores sobre os objetivos de cada um dos SAFs, quais espécies arbóreas eles consideram mais importantes no sistema e quais práticas de manejo eles utilizam, tanto no café, quanto nas árvores e arbustos. Também foi realizada uma travessia (COELHO, 2005) nas áreas de SAF e nas propriedades como um todo, visando o conhecimento das unidades de produção e o resgate de informações sobre as áreas.

2.3.2. Georreferenciamento e caracterização espacial das árvores nos SAFs

Cada um dos SAFs teve seu polígono georreferenciado, assim como todas as árvores com Diâmetro à Altura do Peito (DAP - medido a 1,30 m do solo) maior que 5 cm. Estas informações foram coletadas com a utilização de um GPS de navegação modelo GARMIN MAP 60CSx. Após a aquisição das coordenadas geográficas, iniciou-se o processamento dos dados através do software *GPS TrackMakerPro*. Neste programa, os arquivos foram salvos no formato *ShapeFile* para que pudessem ser manipulados no software *ArcGis 9.3.1*. Desta forma, a partir da confecção de croquis, obteve-se uma melhor visualização das formas dos SAFs e da distribuição espacial das árvores nos sistemas. Cabe ressaltar que a precisão do GPS utilizado está entre 3 e 15 metros. Isto levou à ocorrência de pontos de árvores nos croquis situados fora das margens dos polígonos dos SAFs, principalmente as árvores que estavam situadas bem nos limites dos sistemas.

A partir destes croquis, foi realizado o teste da Distância Média do Vizinho mais Próximo (*Average Nearest Neighbor Distance Test*), no software *ArcGis 9.3.1*. Desta forma foi possível verificar se a distribuição espacial das árvores e bananeiras em cada um dos SAFs seguiu um padrão agregado, aleatório ou disperso.

Utilizou-se também a ferramenta *Create Fishnet*, do software *ArcGis 9.3.1*, para dividir o croqui de cada SAF em quadrículas de 10 x 10 m (100m²), com o objetivo de se avaliar o número de quadrículas que possuíam pontos georreferenciados de árvores em relação ao número total de quadrículas, em cada SAF. Optou-se por este tamanho de quadrícula, pois com um espaçamento de 10m entre árvores, a probabilidade das copas das árvores se tocarem é difícil, visto que mesmo as copas das árvores mais frondosas encontradas, como o abacate, por exemplo, chegam ao máximo a esta projeção de 10 m.

Assim, a simulação de uso de apenas uma árvore em cada quadrícula, ou seja, 100 árvores por hectare permitiria a incidência de luz solar no café. Com estes dados pôde-se mais uma vez, avaliar a ocupação espacial das árvores nos SAFs.

2.3.3. Levantamento arbóreo

Realizou-se um levantamento arbóreo a partir da identificação dendrológica de todos os indivíduos arbóreos encontrados nos SAFs, com DAP de no mínimo 5 cm. Esta identificação foi realizada a partir da coleta de material vegetativo, uso de máquina fotográfica digital e observações “in loco” de características singulares das plantas, como exsudações, cheiro, coloração do fuste, inflorescência, entre outras. Paralelamente, foram consultadas literaturas científicas especializadas e o setor de Dendrologia, pertencente ao Departamento de Engenharia Florestal da UFV.

A nomenclatura das famílias botânicas foi baseada nos sistemas Angiosperm Phylogeny Group - APG III (2009) para as angiospermas, e Cronquist (1988) para as demais. A partir deste levantamento foi gerada uma lista de famílias botânicas e de espécies encontradas em cada sistema agroflorestal. A partir do levantamento arbóreo, associado ao georreferenciamento das árvores no campo, foram confeccionados novos croquis no software *ArcGis 9.3.1*, onde foi possível visualizar a distribuição espacial por espécie de todas as árvores presentes nos SAFs.

2.3.4. Índices de Diversidade

Avaliou-se também a diversidade florística destes sistemas a partir de índices de diversidade. Estes índices auxiliam na caracterização de comunidades vegetais, oferecendo boas indicações da diversidade específica, e servem para comparar formações florestais em locais distintos (Vilar, 2009).

Os cálculos de índices de diversidade abrangem dois diferentes conceitos: riqueza e ou uniformidade e podem ser aplicados por meio de uma escala hierárquica, desde diversidade genética até diversidade de ecossistemas. Riqueza refere-se ao número de espécies presentes

na flora e, ou, na fauna, em uma determinada área. Uniformidade refere-se ao grau de dominância de cada espécie, em uma área.

Neste estudo a diversidade de espécies foi analisada pelos seguintes índices de diversidade:

Índice de Diversidade Ecológica de Shannon- Weaver (H')

Este índice expressa riqueza e uniformidade e em seu cálculo considera-se igual peso entre as espécies raras e abundantes (MAGURRAN, 1989). Quanto maior for o valor de H' , maior será a diversidade florística da população em estudo:

$$H' = \frac{\left(N_i \ln(N_i) - \sum_{i=1}^S n_i \ln(n_i) \right)}{N}$$

em que:

N= número total de indivíduos amostrados

S= número de espécies amostradas

ni= número de indivíduos da i-ésima espécie amostrada

Equabilidade de Pielou (J)

Este índice de Equabilidade tem uma amplitude entre 0 e 1, em que 1 representa a máxima diversidade, ou seja, todas as espécies são igualmente abundantes.

A equabilidade de Pielou (J) foi calculada, utilizando a fórmula a seguir:

$$J = \frac{H'}{H \text{ max}}$$

em que:

Hmax= ln(S)

S= número de espécies amostradas

H'= índice de diversidade ecológica de Shannon-Weaver

2.3.5. Inventário arbóreo

A partir dos dados do levantamento arbóreo foi mensurado o Diâmetro à Altura do Peito (DAP) e a altura total de todos os fustes das árvores encontradas com DAP igual ou superior a 5 cm. O DAP foi obtido com o auxílio de uma fita métrica e a altura total e do fuste através do hipsômetro Forest Vertex®. Foi considerado como fuste o prolongamento do tronco desde a base da árvore (nível do solo) até a primeira inserção de galho ainda persistente, denominado de altura comercial. Além desta, foi medida também a altura total, que corresponde ao prolongamento do tronco desde a base da árvore até a folha mais alta encontrada.

A partir destes dados foram calculados os parâmetros fitossociológicos da estrutura horizontal e a estrutura diâétrica de cada SAF:

Parâmetros Fitossociológicos da Estrutura Horizontal

Os parâmetros considerados foram os usuais em levantamentos fitossociológicos, tendo sido descritos e empregados em SOUZA et al. (1998). Os parâmetros densidade ou abundância, dominância, frequência e valor de importância são descritos a seguir.

a. Densidade ou abundância: é o número de indivíduos de cada espécie na composição florística do povoamento. A densidade pode ser obtida em valores absolutos ou relativos. A densidade absoluta (DA) representa o número de indivíduos amostrados de determinada espécie, por unidade de área. Se o número de indivíduos de tal espécie for dividido pelo número total de indivíduos de todas as espécies dentro da comunidade estudada, se obterá sua Densidade Relativa (DR). Esses parâmetros foram calculados por meio das seguintes expressões:

$$DA = \frac{n_i}{A} ; \quad DR = \left(\frac{n_i}{N} \right) \cdot 100$$

onde:

n_i = número de indivíduos amostrados da i -ésima espécie.

A = área amostrada, em hectares.

N = número total de indivíduos amostrados.

b. Dominância: se define como a medida da projeção do corpo da planta no solo. Pode ser expressa em termos absolutos ou relativos. A dominância absoluta (DoA_i) de uma espécie arbórea em um povoamento, é convencionalmente expressa pela área basal desta espécie por unidade de área ou por hectare. A Dominância Relativa (DoR_i) é calculada pela razão entre a área basal da espécie e a soma da área basal de todas as espécies juntas. A dominância absoluta e a relativa foram obtidas por meio das seguintes expressões:

$$DoA_i = \frac{AB_i}{A} ; \quad DoR_i = \left(\frac{AB_i}{ABT} \right) \cdot 100$$

onde:

AB_i = área basal da i -ésima espécie, expressa em m^2/ha , obtida da soma das áreas individuais a partir da fórmula do círculo $= \sum \pi d^2 / 4$, em que d é o DAP (diâmetro à altura do peito).

A = área amostrada.

ABT = área basal total.

c. Frequência: mede a distribuição de cada espécie, em termos percentuais, sobre a área. Indica o número de parcelas em que uma espécie ocorre, em relação ao número total de parcelas amostradas. Esta variável é sensível aos padrões de distribuição dos indivíduos. A frequência, por espécie, foi obtida em valor absoluto (FA) e relativo (FR), conforme expressões abaixo:

$$FA_i = \left(\frac{u_i}{u} \right) \cdot 100 ; \quad FR_i = \left(\frac{FA_i}{\sum_{i=1}^s FA_i} \right) \cdot 100$$

onde:

u_i = número de unidades amostrais nas quais encontra-se a i -ésima espécie.

ut = número total de unidades amostrais.

d. Valor de Importância (IVI): O índice de Valor de Importância (IVI) de uma espécie em uma comunidade é determinado através da soma de seus valores relativos de densidade, frequência e dominância, conforme equação abaixo. É um dado que expressa indiretamente a importância de uma determinada espécie em uma comunidade florestal a partir de sua contribuição em termos volumétricos.

$$IVI = DR_i + FR_i + DoR_i$$

Estrutura Diamétrica

A estrutura diamétrica refere-se à distribuição do número total de indivíduos do povoamento florestal, por hectare, e por classe de diâmetro (SOUZA et al., 1998). A distribuição diamétrica pode ser útil para caracterizar estágios sucessionais, e pode ser utilizada como verificador de sustentabilidade ambiental de manejo.

Para analisar a estrutura diamétrica, os diâmetros das árvores amostradas foram agrupados em classes de DAP, com amplitude de classe igual a 5,0 cm, que é um valor usualmente adotado para florestas secundárias em estágio inicial ou médio de regeneração.

As análises da composição florística, diversidade, estrutura horizontal e diamétrica foram realizadas por meio do processamento dos dados, através do software Mata Nativa 2.0 (CIENITEC, 2006).

2.3.6. Avaliação da função das espécies nos SAFs:

Verificou-se, a partir da consulta às pesquisas realizadas por Souza (2006), Siquera (2008) e Fernandes (2007), com SAFs da Zona da Mata mineira, as principais funções associadas às espécies encontradas nos SAFs a partir da caracterização de seus principais usos. Ressalta-se que nas três pesquisas de referência consultadas, as funções das espécies foram citadas pelos próprios agricultores.

A fim de analisar a função das espécies encontradas neste estudo com base nas três pesquisas citadas, foram criados novos grupos unindo em uma mesma categoria funções

semelhantes citadas pelos autores. A partir disso foi feita no presente estudo, uma nova classificação das espécies encontradas nos SAFs de acordo com estas funções.

Os grupos criados foram:

- Adubação e/ou cobertura de solo: espécies que apresentam características de perda de folhas ou de fácil manejo na deposição de matéria orgânica.

- Alimentar e/ou medicinal: espécies destinadas à alimentação humana sejam para consumo *in natura* ou para preparo culinário e espécies utilizadas para tratamento de diversos tipos de doenças humanas.

- Construção, lenha e/ou tecnologias: espécies madeireiras destinadas à construção de casa, fabricação de tábuas e cercas; espécies lenhosas destinadas à queima em fogão, à lenha e espécies utilizadas na fabricação de móveis, ferramentas e outros utensílios, e que facilitam o dia-a-dia.

- Interação direta com a fauna e/ou melífera: espécies destinadas à alimentação, remédio, ou abrigo de animais silvestres ou domésticos e espécies que apresentam grande florada e boa disponibilidade de néctar.

- Sombra: espécies que sombreiam o café sem causar prejuízos à lavoura.

- Beleza cênica: espécies que tornam o ambiente mais bonito e agradável aos olhos, gerando uma sensação de bem estar.

Cabe ressaltar que nem todas as espécies listadas nesta pesquisa foram citadas e classificadas nos estudos de referência. Desta forma, a avaliação da função das espécies a partir dos grupos criados foi feita apenas para as espécies em comum com algum destes três estudos.

3. RESULTADOS

3.1. Caracterização dos SAFs:

3.1.1. SAF_P

O SAF_P foi implantado no ano 1997 em uma área de topo de morro e que recebe muito sol. Anteriormente era ocupada por pastagem degradada, com dominância de capim sapé, uma planta que coloniza tipicamente áreas degradadas e com acidez elevada, não sendo aceita pelo gado como alimento. Iniciou-se no primeiro ano apenas com o plantio de café, que atualmente está com 16 anos. No segundo ano foram inseridas as árvores. Estas, muitas vezes, eram plantadas pelo agricultor e outras vezes apareciam naturalmente a partir da regeneração natural. As principais espécies plantadas foram a capoeira branca, o abacate, a aroeirinha, o pau leite, a embaúba, a banana e o mamão. As árvores, algumas vezes foram plantadas por mudas, outras vezes por sementes, em locais em que havia falhas nas linhas de café ou em locais em que o café não apresentava qualidade adequada, sendo que neste caso, retirava-se o pé de café para plantar uma árvore no local.

Os principais objetivos do agricultor ao planejar este sistema foram além da produção de café, a recuperação do solo, a partir da possibilidade de incorporação de grandes volumes de matéria orgânica proveniente das folhas, galhos e fuste das árvores; o fornecimento de sombra para o café e o fornecimento de frutas tanto para a alimentação humana quanto animal. As árvores estão concentradas, principalmente, nas bordas do sistema e, segundo o agricultor, servem como quebra-vento para a lavoura, visto que é um topo de morro em área bem elevada (altitude de 940 m) e com ventos fortes. Segundo o agricultor o "vento em excesso não é bom para as plantas e o café, nesta situação, fica estressado, não produz bem e aparenta estar sempre fraco".

O café contido nesta área já foi recepado duas vezes, com menos de 10 e com 14 anos. No momento da recepa do cafezal, muitas árvores foram recepadas ou podadas para não prejudicar o crescimento do café. As principais práticas de manejo adotadas na área foram a

roçada manual ou com roçadeira, entre as linhas de café, quatro vezes ao ano e uma ou duas adubações anuais com 50g de NPK 20-5-20 por pé de café.

3.1.2. SAF_{R1}, SAF_{R2} e SAF_{R3}

Os cultivos de café em sistemas agroflorestais nos SAF_{R1}, SAF_{R2} e SAF_{R3} foram implantados em uma área anteriormente degradada por cultivos sucessivos de pastagem, milho, arroz e feijão. Com o objetivo principal de recuperar a fertilidade do solo que estava bastante reduzida nestas áreas, o café em sistema agroflorestal foi introduzido. Estes três SAFs se situam na mesma propriedade e ao lado um do outro, no entanto possuem desenhos diferentes e exercem funções também diferentes na propriedade.

O café, no SAF_{R1} e SAF_{R2} foi plantado no ano de 1993. Tanto no SAF_{R1} quanto no SAF_{R2} todas as espécies arbóreas presentes, com exceção do eucalipto e da banana, vieram por regeneração natural. De acordo com o agricultor, o principal objetivo do SAF_{R1}, além de conservar e recuperar o solo é ser uma área com a função de atrair fauna. Já o SAF_{R2}, principalmente pela presença da banana, tem a função de fornecer alimento tanto para o homem quanto para os animais, além de ser fonte de matéria orgânica para a ciclagem de nutrientes e sombra para a lavoura, além de atuar como proteção contra o vento. A banana foi plantada no SAF_{R2} com um espaçamento de 3 metros entre plantas e 6 metros entre fileiras. Atualmente, este espaçamento está modificado devido ao manejo da banana pelo agricultor.

As principais espécies presentes no SAF_{R1} de acordo com o agricultor são o araticum, a canela, a caroba e o eucalipto. Já no SAF_{R2} a principal espécie encontrada foi a banana (TABELA 1).

O SAF_{R3} foi implantado no ano de 1996 e, diferentemente dos SAF_{R1} e SAF_{R2}, teve o plantio planejado das duas espécies arbóreas que mais ocorrem neste SAF e são consideradas as principais deste sistema pelo agricultor, o ingá e o sobrasil (TABELA 1). Percebendo que das três áreas de SAF nesta propriedade, esta era a mais degradada, o principal objetivo do plantio destas espécies no SAF, foi recuperar o solo. Cabe ressaltar que não houve uma classificação das principais espécies arbóreas ocorrentes no SAF_P, pois o agricultor proprietário deste SAF reconhece todas as espécies arbóreas presentes no sistema igualmente importantes.

Tabela 1 - Principais espécies arbóreas presentes nos SAF_{R1}, SAF_{R2} e SAF_{R3} e seus motivos, de acordo com o agricultor proprietário destes SAFs.

Nome Vulgar/ Nome científico	Motivos descritos pelo agricultor
araticum (<i>Rollinia silvatica</i>)	fonte de alimentação para animais, além de ser uma espécie que desfolha bem, contribuindo bastante para a adubação do café.
canela (<i>Nectandra rigida</i>)	possui uma madeira nobre e desfolha bem, adubando o café.
caroba (<i>Jacaranda macrantha</i>)	combina muito bem com o café, por apresentar copa rala, sombreando de forma a prejudicar a entrada de luz necessária para o café.
eucalipto (<i>Eucalyptus sp.</i>)	fornece lenha e madeira para construções dentro da propriedade e produz florada para abelhas, contribuindo para as atividades apícolas desenvolvidas pelo agricultor.
banana (<i>Musa sp.</i>)	fornece alimento para o homem e os animais, além de sombra para a lavoura e proteção contra o vento.
ingá (<i>Inga uruguensis</i>)	espécie leguminosa com grande potencial de fixação de nitrogênio, além de produzir bastante matéria orgânica principalmente de folhas e galhos que auxiliam no resgate da fertilidade do solo.
sobrasil (<i>Colubrina grandulosa</i>)	fornece sombra e matéria orgânica, além de ser uma espécie com madeira nobre para utilização na propriedade.

O café no SAF_{R1} e SAF_{R2} foi plantado no espaçamento de 2,5 metros entre filas e 1 metro entre plantas e, no SAF_{R3}, com 3 metros entre filas e 1 metro entre plantas. No SAF_{R1} e SAF_{R2} o café já foi recepado duas vezes e no SAF_{R3}, foi recepado pela primeira vez no fim do ano de 2012. De acordo com o agricultor, o fato de o café no SAF_{R3} estar cultivado sob o ingá fez com que este café recebesse um aporte grande e constante de matéria orgânica disponibilizada pelas árvores presentes, o que prolongou a produtividade do café na área e, conseqüentemente, a necessidade de recepas. Ele destacou também que isto já não ocorreu nos SAF_{R1} e SAF_{R2}, que atualmente estão com 20 anos e já foram recepados duas vezes.

As práticas de manejo adotadas no café nas três áreas são as mesmas e envolvem, roçada mecânica, utilizando roçadeira, quatro vezes ao ano (meses de novembro, janeiro, abril e junho) e adubação nos meses de dezembro e fevereiro com 150g de NPK 20-5-20 por pé de

café em cada adubação. O manejo das árvores nas três áreas é feito a partir de podas aleatórias de galhos que perturbam o café e sombreiam em excesso.

3.2. Georreferenciamento e caracterização espacial das árvores:

A partir do georreferenciamento das áreas e das árvores presentes nos quatro SAFs (TABELA 2), encontrou-se um total de 280 indivíduos, que possuíam DAP maior que 5 cm, o que representa, em relação à área total dos quatro SAFs, uma média de 187 árvores por hectare. O SAF_P foi o que apresentou maior número de árvores por unidade de área e, o SAF_{R2}, o que possui menos árvores. Ressalta-se que o SAF_{R2} possui poucas árvores principalmente pelo fato de que neste sistema o café foi consorciado principalmente com a banana e possui nesta área, aproximadamente 90 touceiras desta planta, o que representa 360 touceiras por hectare. Já o SAF_P apresenta muitos indivíduos por hectare mas que, no entanto, estão concentrados nas bordas do sistema, conforme será apresentado à frente (Figura 6).

Percebeu-se que as unidades de produção em SAFs, são implantadas em áreas relativamente pequenas dentro das propriedades, apresentando uma área média de 0,38 hectare. Os agricultores preferem fazer pequenas unidades de produção de SAFs, pois em cada uma destas áreas podem experimentar um desenho e ter objetivos que conciliam suas necessidades com a aptidão natural de cada local. Como um destes agricultores disse, “não tem uma receita, não dá para fazer tudo igual”.

Tabela 2 – Área, em hectares e número de indivíduos arbóreos com DAP > 5 cm encontrados por sistema agroflorestal avaliado.

Sistema Agroflorestal	Área (ha)	Número de indivíduos arbóreos encontrados	Número de ¹ árvores/ha
SAF _P	0,35	115	329
SAF _{R1}	0,72	99	138
SAF _{R2}	0,25	22	88
SAF _{R3}	0,23	44	191
TOTAL	1,55	280	
MÉDIA	0,38		180

¹ Não considerando as plantas de banana. Por exemplo, no SAF_{R2} há 180 plantas de banana com DAP > 5 cm.

Ao se realizar o teste da Distância Média do Vizinho mais Próximo, o Average Nearest Neighbor Distance Test, os SAF_P, SAF_{R2} e SAF_{R3} apresentaram um padrão de distribuição espacial das árvores e bananeiras agregado (significativo a 0,01% no teste Z). O SAF_{R1}, foi o único que apresentou um padrão de distribuição espacial das árvores disperso.

Quanto à análise de ocupação das árvores e bananeiras nas quadrículas de 10x10m (TABELA 3), o SAF_{R2} destacou-se por apresentar quase 100% das quadrículas com árvores, seguido do SAF_P com um pouco mais de 60% das quadrículas apresentando algum indivíduo arbóreo. Já o SAF_{R1} foi o sistema que apresentou maior número de quadrículas sem árvores, seguido pelo SAF_{R3}.

A distribuição das árvores nas quadrículas encontram-se nas Figuras 6 e 7. Percebe-se que o tanto no SAF_P quanto no SAF_{R1}, há maior concentração de árvores nas bordas dos sistemas. No entanto, no SAF_P ocorre um maior número de árvores por hectare, o que faz com que este SAF tenha um padrão de distribuição das árvores agregado e apresente menos quadrículas sem árvores do que o SAF_{R1}.

Ressalta-se que apesar de alguns SAFs apresentarem áreas bem semelhantes, tais como os SAF_{R1} e SAF_{R2} por exemplo (0,25 e 0,23 hectares), o número total de quadrículas encontrados nestes sistemas é bem diferente (43 e 35). Isto se justifica pelas quadrículas das bordas e o fato dos sistemas possuírem formatos diferentes. Além disso, deve-se considerar o erro do GPS utilizado, que está entre 3 e 15 metros.

Tabela 3. Ocupação das árvores e plantas de banana nas quadrículas de 10 x 10m em cada um dos SAFs, em Araponga, MG.

Sistema agroflorestal	Número total de quadrículas (10x10m)	% de quadrículas com árvores
SAF_P	54	64,8
SAF_{R1}	91	39,6
SAF_{R2}	43	97,7
SAF_{R3}	35	48,6

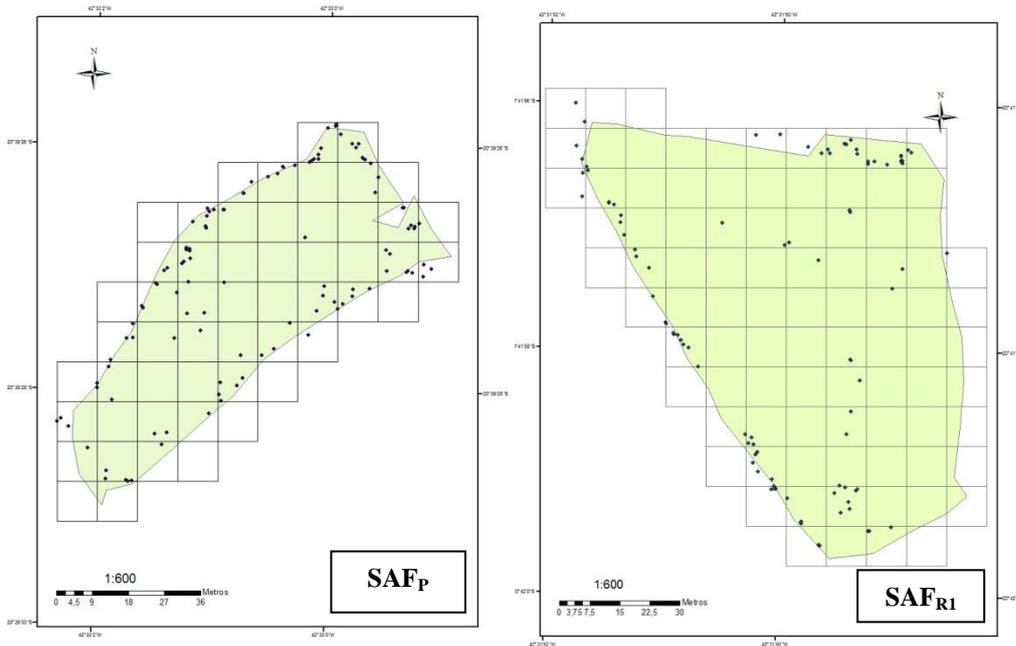


Figura 6. Distribuição das árvores e bananeiras em quadrículas de 10 x 10m nos SAF_P e SAF_{R1}.

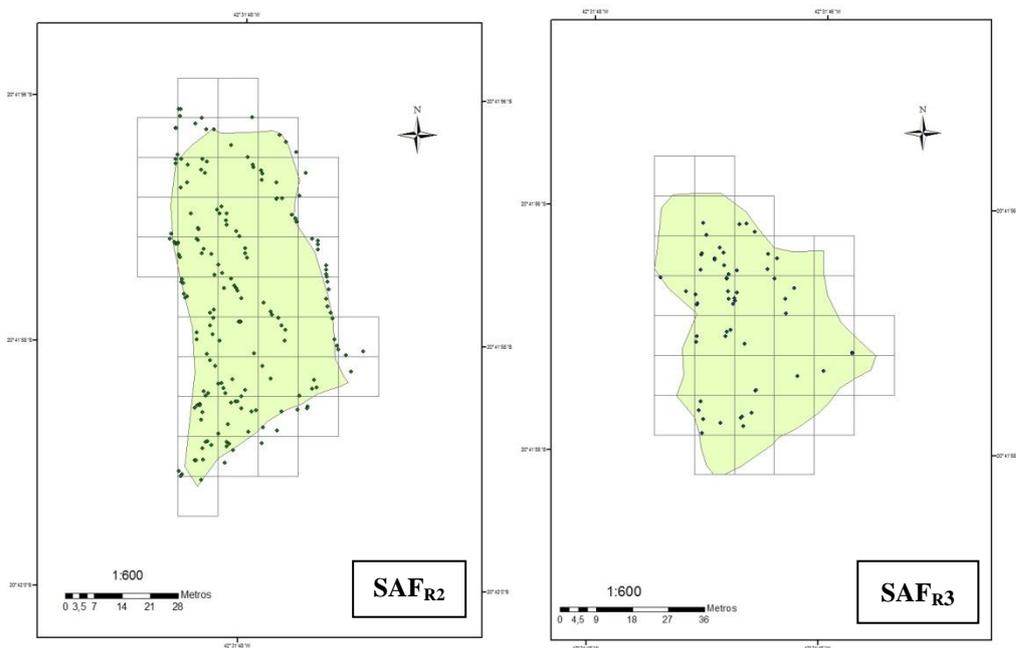


Figura 7. Distribuição das árvores e bananeiras em quadrículas de 10 x 10m nos SAF_{R2} (croqui A) e SAF_{R3} (croqui B).

3.3. Levantamento arbóreo:

Análises Gerais:

Considerando os quatro SAFs avaliados foram encontradas 56 espécies diferentes de árvores, distribuídas em 27 famílias botânicas (TABELA 4). O SAF_P foi o que apresentou maior riqueza em termos de família e maior diversidade de espécies, seguido do SAF_{R1}.

Tabela 4. Número de indivíduos com DAP > 5 cm, famílias botânicas e espécies encontradas em cada sistema agroflorestal estudado.

SAF	Número de indivíduos	Número de famílias botânicas	Número de Espécies
SAF _P	115	20	32
SAF _{R1}	99	20	28
SAF _{R2}	22	9	12
SAF _{R3}	44	9	9
Total	280	27	56

Analisando conjuntamente os quatro SAFs, as famílias (TABELA 5) que apresentaram maior riqueza de espécies foram Leguminosae (Papilionoideae = 8; Caesalpinoidea = 4), Myrtaceae (6) e Euphorbiaceae (4). Já em termos de número de indivíduos, as famílias que se destacaram foram Myrtaceae (60), Solanaceae (33) e Leguminosae Mimosoideae (27). Nota-se que as espécies *Schinus terebinthifolius* (aroeirinha) e *Solanum mauritianum* (capoeira branca) foram encontradas em todos os SAFs e as espécies *Psidium guajava* (goiaba); *Rollinia silvatica* (araticum do mato); *Vitex montevicensis* (maria preta); *Jacaranda macranta* (caroba) e *Cecropia hololeuca* (embaúba prateada) foram encontradas em três dos quatro SAFs estudados.

Tabela 5. Distribuição do número de espécies e indivíduos dentro das famílias botânicas amostradas nos quatro SAFs com café, ordenadas pelas famílias que apresentaram maior riqueza de espécies.

Família	Espécie	Nome Vulgar	Sistema agroflorestal encontrada	Número de indivíduos por SAF
Leguminosae Papilionoideae	<i>Andira sp.</i>	jacarandá	SAF _P	1
	<i>Bowdichia virgilioides</i>	jacarandatão	SAF _P	4
	<i>Machaerium brasiliensis</i>	pau-sangue	SAF _P	1
	<i>Machaerium hirtum</i>	jacarandá bico de pato	SAF _P	2
	<i>Machaerium nyctitans</i>	bico de pato	SAF _{R1}	2
	<i>Machaerium sp.</i>	jacarandá caviúna	SAF _P	1
	<i>Machaerium stipitatum</i>	canela velha	SAF _P	2
	<i>Plathypodium elegans</i>	jacarandá branco	SAF _P	2
Myrtaceae	<i>Eucalyptus sp.</i>	eucalipto	SAF _{R1} ; SAF _{R2} .	39; 8
	<i>Eugenia sonderiana</i>	goiabinha	SAF _{R1}	1
	<i>Myrcia guajavafolia</i>	jambo do mato	SAF _{R1}	5
	<i>Myrciaria glazioviana</i>	pitanga do mato	SAF _{R1}	1
	<i>Myrciaria tenella</i>	jambo da folha miúda	SAF _P	1
	<i>Psidium guajava</i>	goiaba	SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	3; 1; 1
Euphorbiaceae	<i>Alchornea gladulosa</i>	tapiá	SAF _P	1
	<i>Alchornea iricurana</i>	casca doce	SAF _{R2} .	1
	<i>Croton urucurana</i>	adrago	SAF _{R1}	2
	<i>Sapium glandulatum</i>	pau-de-leite	SAF _P	4

Continua....

Tabela 5, Cont.

Família	Espécie	Nome Vulgar	Sistema agroflorestal encontrada	Número de indivíduos por SAF
Leguminosae Caesalpinoideae	<i>Dalbergia nigra</i>	jacarandá da bahia	SAF _P	4
	<i>Schizolobium parahyba</i>	guapuruvu	SAF _P	1
	<i>Sclerobium paniculatum</i>	mamoneira branca	SAF _P ; SAF _{R1}	1; 1
	<i>Senna macranthera</i>	fedegoso	SAF _P ; SAF _{R3}	1; 2
Annonaceae	<i>Annona cacans</i>	araticum cagão	SAF _P	1
	<i>Guatteria nigrescens</i>	pindaíba preta	SAF _{R1}	1
	<i>Rollinia silvatica</i>	araticum do mato	SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	2; 2; 1
Verbenaceae	<i>Aegiphila sellowiana</i>	papagaio	SAF _P ; SAF _{R2}	1; 1
	<i>Aloysia virgata</i>	canela de velho	SAF _{R1}	4
	<i>Vitex montevidensis</i>	maria preta	SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	1; 3; 2
Bignoniaceae	<i>Jacaranda macranta</i>	caroba	SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	4; 2; 3
	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	ipê tabaco	SAF _{R1} ; SAF _{R2}	6; 1
Compositae	<i>Vanillosmopsis erythropappa</i>	candeia	SAF _P	1
	<i>Vernonia polyanthes</i>	assa-peixe	SAF _P	3
Lauraceae	<i>Nectandra rígida</i>	canela amarela	SAF _{R1}	4
	<i>Persea sp.</i>	abacateiro	SAF _P	14
Leguminosae Mimosoideae	<i>Inga uruguensis</i>	ingá feijão	SAF _{R3}	21
	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	pau-jacaré	SAF _P ; SAF _{R1}	3; 3
Rutaceae	<i>Citrus aurantifolia</i>	limão galego	SAF _{R1}	2
	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	mamica de porca	SAF _P ; SAF _{R1}	4; 1

Continua....

Tabela 5, Cont.

Família	Espécie	Nome Vulgar	Sistema agroflorestal encontrada	Número de indivíduos por SAF
Sapindaceae	<i>Allophyllus semidentatus</i>	três folhas vermelha	SAF _{R1}	1
	<i>Matayba eleaginoides</i>	camboatá branca	SAF _P	7
Urticaceae	<i>Cecropia hololeuca</i>	embauba prateada	SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	2; 1; 1
	<i>Cecropia pachystachya</i>	embauba vermelha	SAF _P	4
Myrsinaceae	<i>Rapanea ferrugínea</i>	capororoca	SAF _P ; SAF _{R1}	1; 2
Anacardiaceae	<i>Schinus terebinthifolius</i>	aroeirinha	SAF _P ; SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3}	6; 1; 1; 1
Caricaceae	<i>Carica papaya</i>	mamão	SAF _P	2
Guttiferae	<i>Vismia brasiliensis</i>	ruão	SAF _P ; SAF _{R1} ;	1; 3
Melastomataceae	<i>Tibouchina granulosa</i>	quaresmeira roxa	SAF _{R1}	2
Meliaceae	<i>Cabralea canjerana</i>	canjerana branca	SAF _{R1} ; SAF _{R2} .	2; 1
Moraceae	<i>Maclura tinctoria</i>	tajuba	SAF _P	1
Palmaceae	<i>Syagrus romanzoffiana</i>	coco babão	SAF _{R1}	1
Pteridophyta Dicksoniaceae	<i>Dicksonia sellowiana</i>	samambaião	SAF _{R1}	1
Rhamnaceae	<i>Colubrina grandulosa</i>	sobrasil	SAF _{R3}	13
Rosaceae	<i>Prunus persicum</i>	pêssego de casa	SAF _{R1}	1
Rubiaceae	<i>Alibertia edulis</i>	marmelada de cachorro	SAF _P	4
Sapotaceae	<i>Manilkara salzmannii</i>	maçaranduba	SAF _P	2
Solanaceae	<i>Solanum mauritianum</i>	capoeira branca	SAF _P ; SAF _{R1} ; SAF _{R2} ; SAF _{R3} .	32; 1; 1; 1

Análises por SAF:

SAF_P:

Ao fazer uma análise por sistema agroflorestal, observou-se que no SAF_P, as famílias que apresentaram maior riqueza foram Leguminosae (Papilionoideae = 7, Caesalpinoideae =4), Compositae (2) e Euphorbiaceae (2) (TABELA 5).

As famílias Solanaceae e Lauraceae também se destacam neste sistema, pois, apesar de apresentarem apenas uma espécie, possuem elevado número de indivíduos quando comparadas às outras famílias botânicas. As espécies que apresentaram maior número de indivíduos (TABELA 5) foram *Solanum mauritianum* (Solanaceae) e *Persea sp.* (Lauraceae).

A distribuição de todos os indivíduos arbóreos encontrados no SAF_P a partir das espécies encontradas (FIGURA 8) mostra que a distribuição das espécies no SAF é aleatória.

SAF_{R1}:

No SAF_{R1}, as famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram Myrtaceae (5), Bignoniaceae (3), Annonaceae (2) e Rutaceae (2). As espécies que apresentaram maior número de indivíduos foram *Eucalyptus sp.*, *Tabebuia chrysotrichae* e *Myrcia guajavaefolia* (TABELA 5). Algumas das espécies que mais ocorrem neste sistema coincidem com as espécies mais importantes citadas pelo agricultor. Dentre estas estão *Jacaranda macranta* (caroba), *Nectandra rígida* (canela amarela) e *Eucalyptus sp* (eucalipto).

Os 39 indivíduos de eucalipto (*Eucalyptus sp.*) encontrados estão localizados nas bordas do sistema (FIGURA 9).

SAF_{R2}:

No SAF_{R2}, as famílias que apresentaram maior riqueza de espécies foram Bignoniaceae (2), Myrtaceae (2), Verbenaceae (2) e Anacardiaceae (1). Já as espécies que se destacaram em relação ao número de indivíduos (TABELA 5) foram *Eucalyptus sp.*, *Rollinia silvatica* e *Jacaranda macranta*.

O baixo número de indivíduos arbóreos encontrados neste SAF em relação aos outros sistemas é compensado pela presença de 90 touceiras de bananeiras (FIGURA 10), que preenchem a área do SAF. Os eucaliptos, assim como no SAF_{R1}, estão concentrados em uma das bordas do sistema.

SAF_{R3}:

No SAF_{R3}, todas as famílias botânicas encontradas apresentaram apenas uma espécie. As famílias que mais se destacaram em termos de número de indivíduos foram Leguminosae Mimosoideae e Rhamnaceae, com 21 e 13 indivíduos, respectivamente (TABELA 5). Estes indivíduos são referentes às espécies *Inga uruguensis* e *Colubrina glandulosa* que estão distribuídas em linhas dentro do sistema (FIGURA 11).

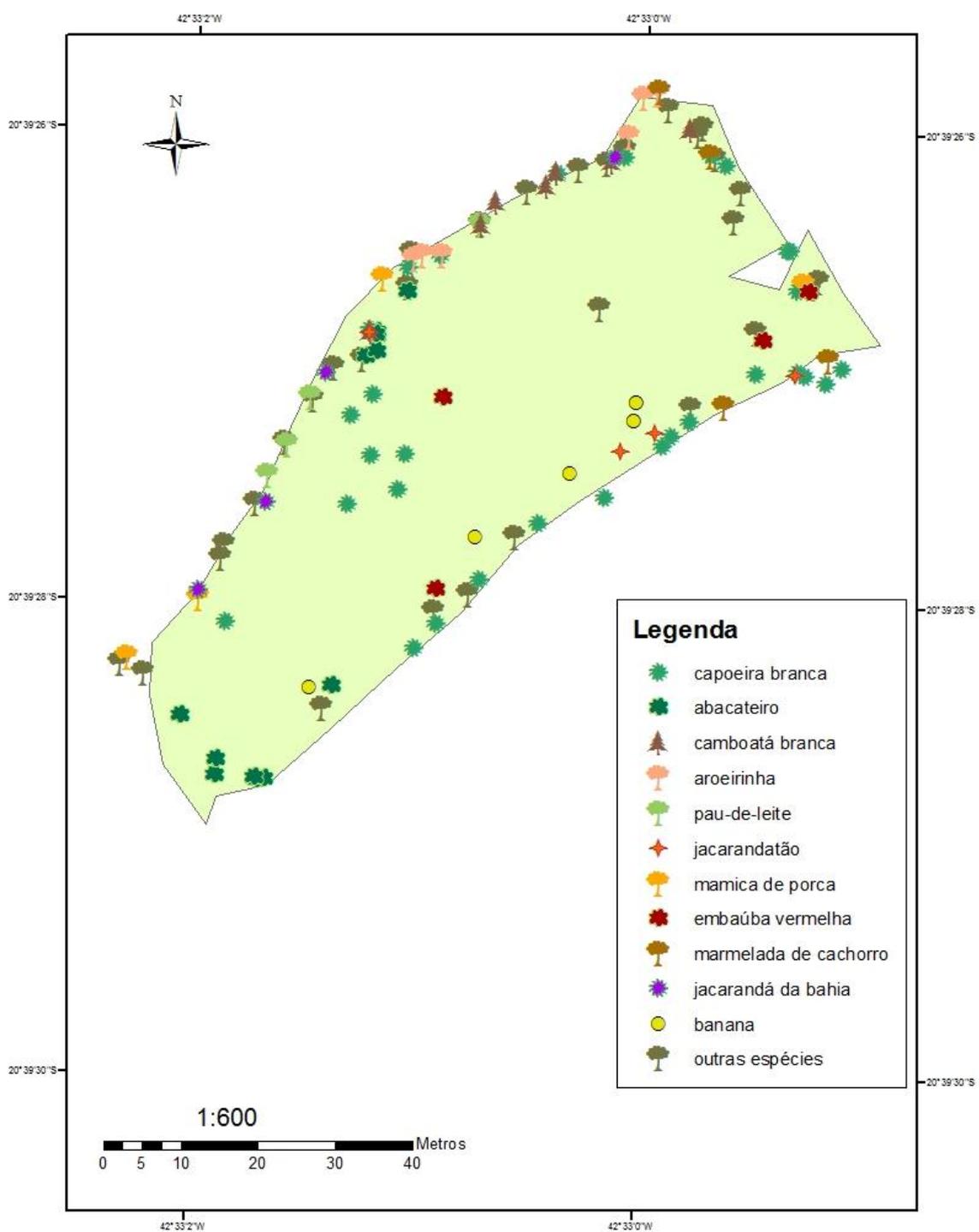


Figura 8. Distribuição de todas as árvores encontradas no Sistema Agroflorestal (SAF_p) com café localizado em Araçuaia, MG, com a identificação das 10 espécies mais abundantes e as touceiras de banananeira.

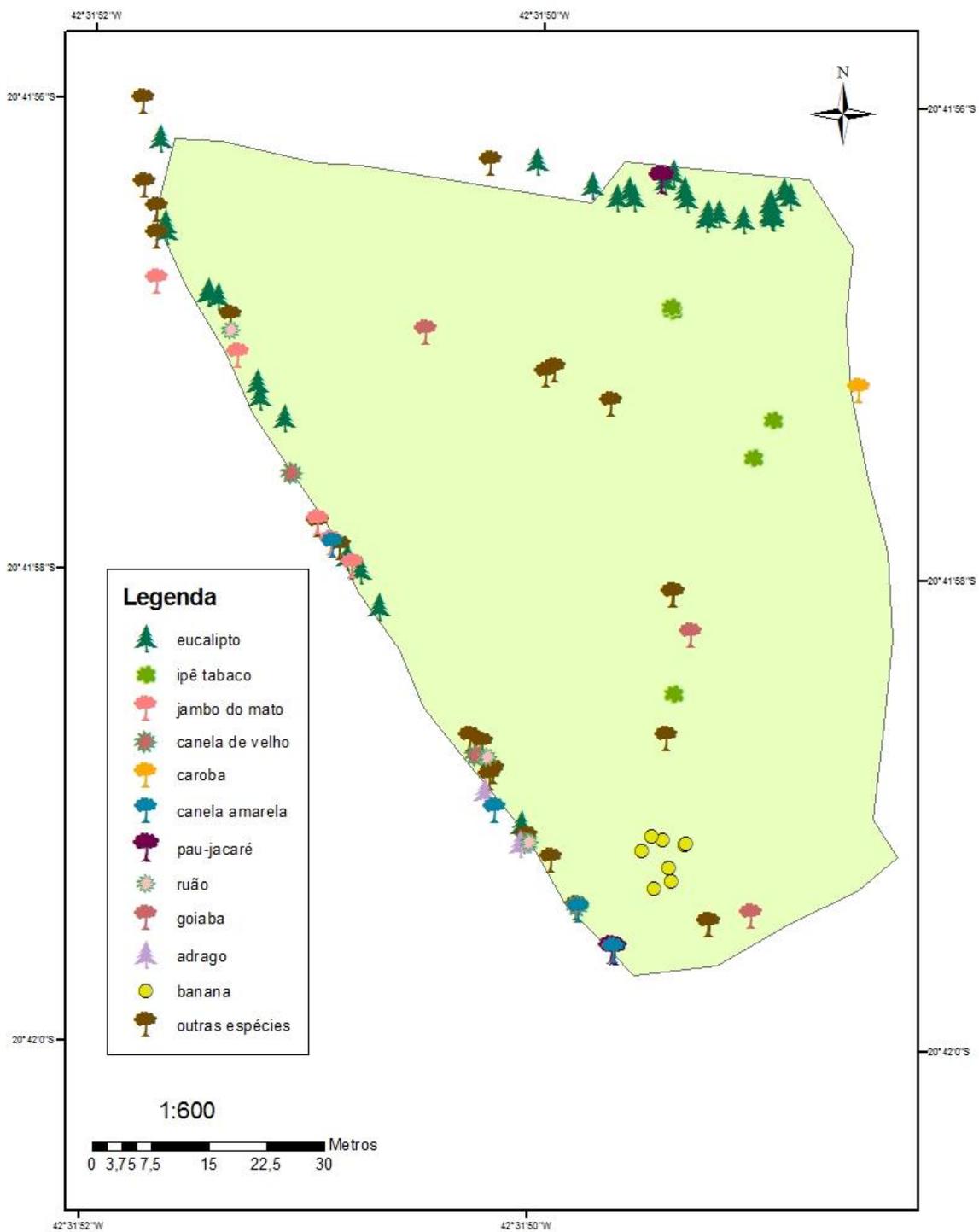


Figura 9. Distribuição de todas as árvores encontradas no Sistema Agroflorestal (SAFR₁) com café localizado em Araponga, MG, com a identificação das 10 espécies mais abundantes e as touceiras de banananeira.

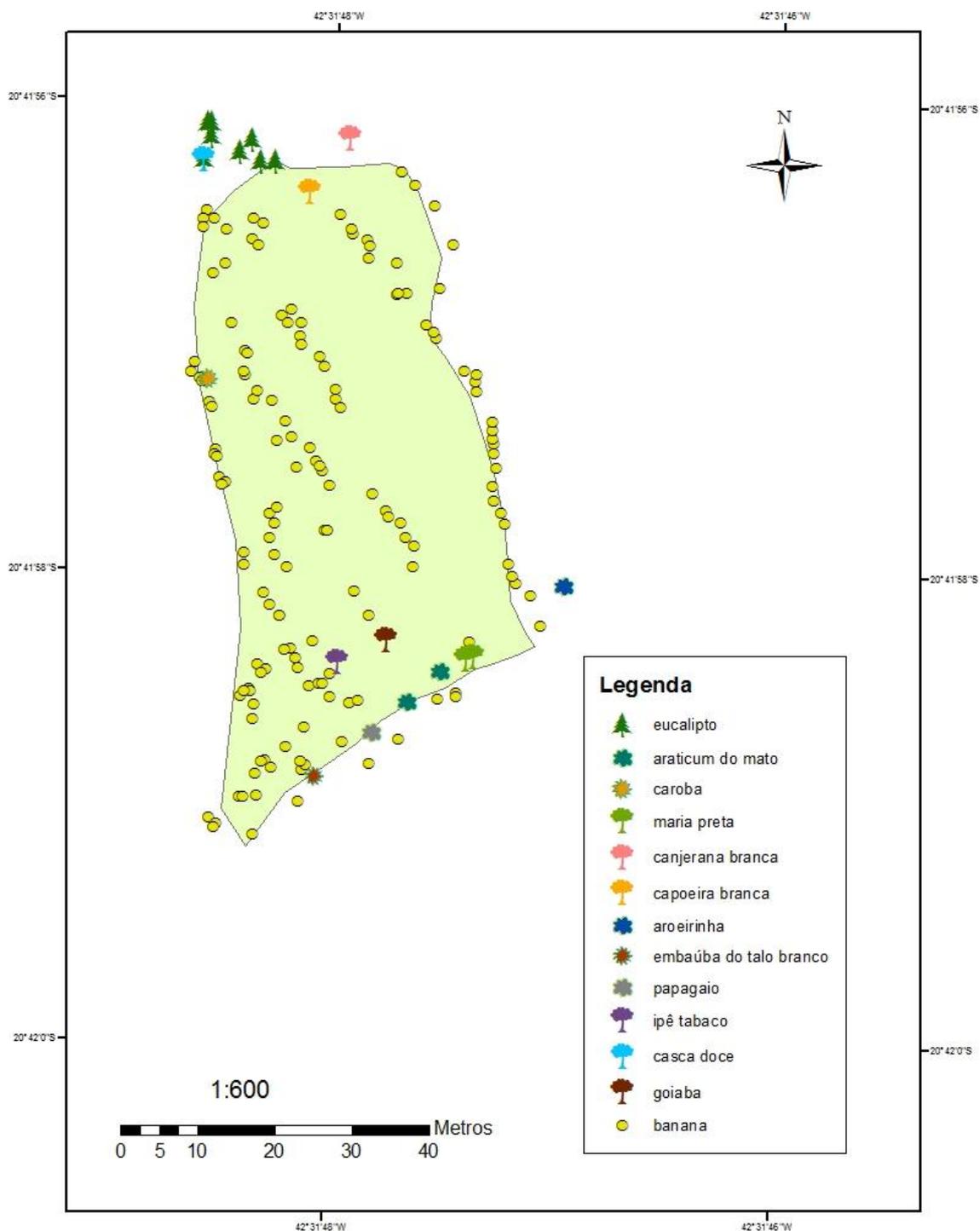


Figura 10. Distribuição de todas as árvores encontradas no Sistema Agroflorestal (SAFR₂) com café localizado em Araponga, MG, com a identificação das 10 espécies mais abundantes e as touceiras de banananeira.

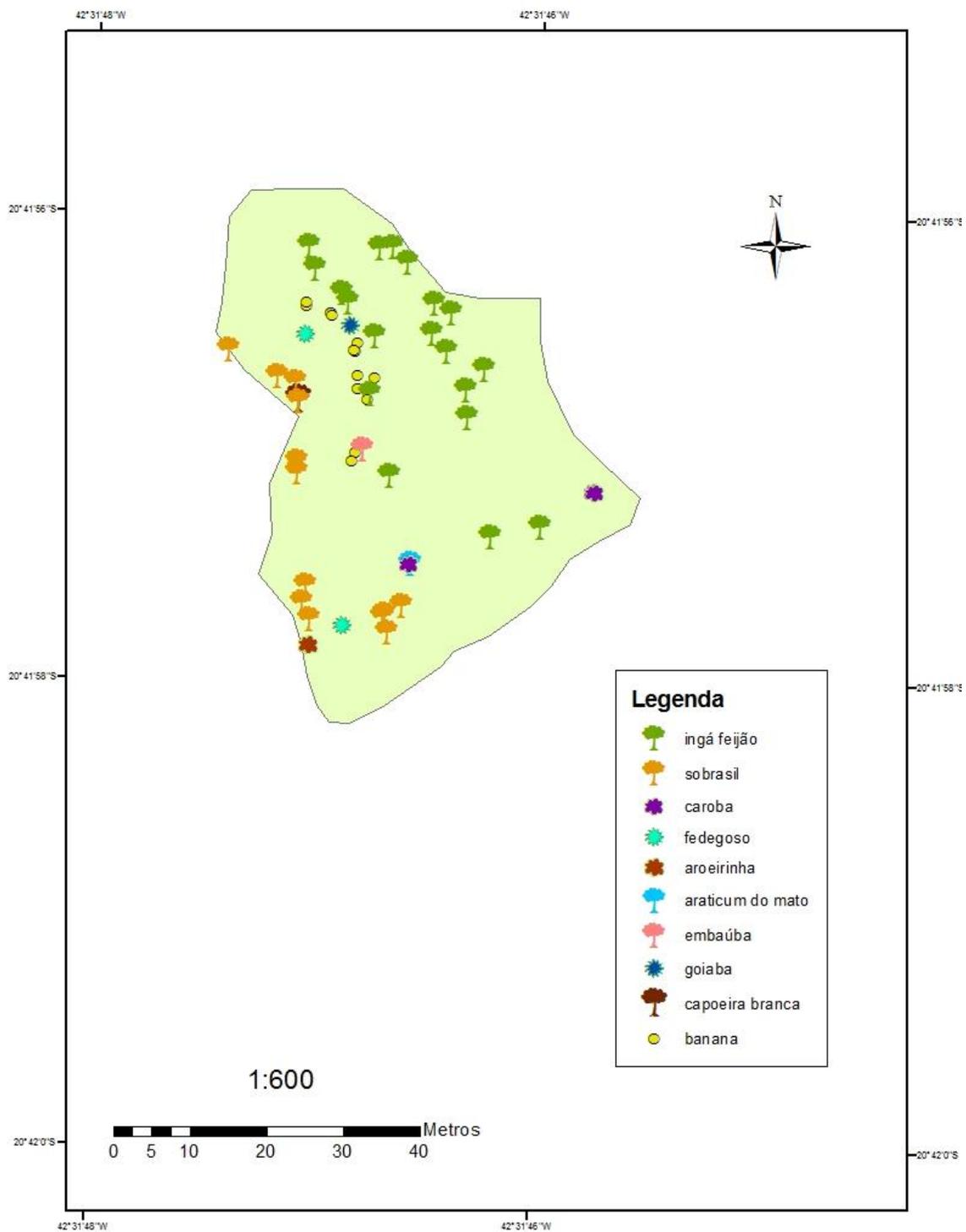


Figura 11. Distribuição de todas as árvores encontradas no Sistema Agroflorestal (SAFR₃) com café localizado em Araponga, MG, com a identificação das 10 espécies mais abundantes e as touceiras de banananeira.

3.4. Diversidade Florística

As análises de diversidade tomaram como base o número de indivíduos arbóreos encontrados para cada espécie. A diversidade das espécies arbóreas, considerando os indivíduos com DAP maior que 5,0 cm, foi avaliada por SAF e para os quatro SAFs conjuntamente (TABELA 6). O Índice geral Shannon Weaver foi de 3,36 e de Pielou 0,81. O SAF_P foi o sistema que apresentou maior índice de Shannon-Weaver, ou seja, com maior diversidade florística ($H'_{2,94}$). No entanto, quando se avaliou a equabilidade destas espécies a partir do índice de Pielou, o SAF_{R2} apresentou o maior valor ($J = 0,87$). Isto significa que apesar deste sistema não ser o mais diverso em termos de espécies, nele, as espécies arbóreas encontradas são mais igualmente abundantes do que nos outros SAFs. Os baixos valores obtidos no SAF_{R3} tanto para o índice de Shannon Weaver (1,47) quanto para Pielou (0,67) (TABELA 6) significam que, apesar de não ser o sistema com menor número de indivíduos (44), como visto anteriormente (TABELA 4), foi o que apresentou menos espécies e uma concentração elevada de número de indivíduos de algumas espécies em detrimento do baixo número de indivíduos de outras.

Tabela 6 - Índices de Shannon Weaver (H') e índice de equabilidade de Pielou (J), para os quatro SAFs considerando apenas as arbóreas.

SAF	Shannon Weaver (H')	Equabilidade de Pielou (J)
SAF _P	2,94	0,83
SAF _{R1}	2,61	0,77
SAF _{R2}	2,15	0,87
SAF _{R3}	1,47	0,67
Geral	3,36	0,81

3.5. Inventário arbóreo

3.5.1. Estrutura Horizontal:

Os SAFs, analisados conjuntamente, apresentaram 280 indivíduos arbóreos (N), distribuídos nas quatro áreas estudadas (U). Além disso, apresentaram uma área basal

(AB) total de 12,35 m², uma densidade absoluta (DA) de aproximadamente 180 árvores por hectare e dominância absoluta (DoA) em torno de 8 m² por hectare (TABELA 7).

As espécies *Eucalyptus sp.*, *Inga uruguensis*, *Solanum mauritianum*, *Colubrina grandulosa* e *Persea sp.*, contribuíram com 45,36% do valor da densidade relativa (DR), que expressa o número de árvores de cada espécie por hectare e com 61,44% do valor da dominância relativa (DoR), que é a relação da área ocupada pelas espécies dentro da formação (TABELA 7).

Essas espécies obtiveram os maiores valores de IVI dentre as espécies encontradas e contribuíram com 39,06% do valor total deste índice. Isto significa que ao somar os valores de densidade relativa, dominância relativa e frequência relativa, estas espécies se destacaram. Este índice, em síntese, pode representar indiretamente a importância em termos volumétricos das espécies encontradas.

Tabela 7 - Parâmetros da estrutura horizontal dos quatro SAFs com café, no município de Araponga - MG.

Nome Científico	U									
	N (Nº indiv.)	(Nº SAFs em que a sp. ocorre)	AB (m²)	DA (Nº indiv/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Eucalyptus sp.</i>	47	2	2,72	30,323	16,79	50	2,33	1,755	22,01	13,71
<i>Inga uruguensis</i>	21	1	1,952	13,548	7,5	25	1,16	1,259	15,79	8,15
<i>Solanum sp.</i>	33	4	0,845	21,29	11,79	100	4,65	0,545	6,84	7,76
<i>Colubrina grandulosa</i>	13	1	1,085	8,387	4,64	25	1,16	0,7	8,78	4,86
<i>Persea sp.</i>	13	1	0,991	8,387	4,64	25	1,16	0,64	8,02	4,61
<i>Rollinia silvatica</i>	5	3	0,66	3,226	1,79	75	3,49	0,426	5,34	3,54
<i>Piptadenia gonoacantha</i>	5	2	0,658	3,226	1,79	50	2,33	0,425	5,33	3,15
<i>Schinus terebinthifolius</i>	9	4	0,171	5,806	3,21	100	4,65	0,11	1,38	3,08
<i>Jacaranda macrantha</i>	9	3	0,287	5,806	3,21	75	3,49	0,185	2,32	3,01
<i>Psidium guajava</i>	5	3	0,032	3,226	1,79	75	3,49	0,02	0,26	1,84
<i>Tabebuia chrysotricha</i>	6	2	0,099	3,871	2,14	50	2,33	0,064	0,8	1,76
<i>Vitex montevidensis</i>	4	3	0,027	2,581	1,43	75	3,49	0,017	0,22	1,71
<i>Aloysia virgata</i>	4	1	0,276	2,581	1,43	25	1,16	0,178	2,24	1,61
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	5	2	0,073	3,226	1,79	50	2,33	0,047	0,59	1,57
<i>Matayba eleaginoides</i>	7	1	0,092	4,516	2,5	25	1,16	0,059	0,74	1,47
<i>Senna macranthera</i>	3	2	0,121	1,935	1,07	50	2,33	0,078	0,98	1,46
<i>Vismia brasiliensis</i>	4	2	0,076	2,581	1,43	50	2,33	0,049	0,61	1,46
<i>Sapium glandulatum</i>	4	1	0,217	2,581	1,43	25	1,16	0,14	1,76	1,45
<i>Cabralea canjerana</i>	3	2	0,108	1,935	1,07	50	2,33	0,069	0,87	1,42
<i>Bowdichia virgilioides</i>	4	1	0,202	2,581	1,43	25	1,16	0,13	1,63	1,41
<i>Sclerobium paniculatum</i>	2	2	0,062	1,29	0,71	50	2,33	0,04	0,5	1,18
<i>Aegiphila sellowiana</i>	2	2	0,034	1,29	0,71	50	2,33	0,022	0,28	1,11
<i>Croton urucurana</i>	2	1	0,173	1,29	0,71	25	1,16	0,112	1,4	1,09

Continua...

Tabela 7, Cont.

Nome Científico	N (Nº indiv.)	U (Nº SAFs em que a sp. ocorre)	AB (m²)	DA (Nº indiv/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m²/ha)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Alchornea gladiosa</i>	1	1	0,204	0,645	0,36	25	1,16	0,131	1,65	1,06
<i>Myrcia guajavafolia</i>	5	1	0,026	3,226	1,79	25	1,16	0,017	0,21	1,05
<i>Cecropia pachystachya</i>	4	1	0,055	2,581	1,43	25	1,16	0,036	0,45	1,01
<i>Nectandra rigida</i>	4	1	0,033	2,581	1,43	25	1,16	0,021	0,27	0,95
<i>Alibertia edulis</i>	4	1	0,021	2,581	1,43	25	1,16	0,013	0,17	0,92
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	1	0,15	0,645	0,36	25	1,16	0,096	1,21	0,91
<i>Dalbergia nigra</i>	4	1	0,015	2,581	1,43	25	1,16	0,01	0,12	0,9
<i>Platygodium elegans</i>	2	1	0,098	1,29	0,71	25	1,16	0,063	0,8	0,89
<i>Manilkara salzmannii</i>	2	1	0,085	1,29	0,71	25	1,16	0,055	0,69	0,86
<i>Maclura tinctoria</i>	1	1	0,116	0,645	0,36	25	1,16	0,075	0,94	0,82
<i>Machaerium stipitatum</i>	2	1	0,055	1,29	0,71	25	1,16	0,036	0,45	0,78
<i>Machaerium hirtum</i>	2	1	0,054	1,29	0,71	25	1,16	0,035	0,44	0,77
<i>Vernonia polyanthes</i>	3	1	0,008	1,935	1,07	25	1,16	0,005	0,06	0,77
<i>Rapanea ferruginea</i>	2	1	0,032	1,29	0,71	25	1,16	0,021	0,26	0,71
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	1	1	0,067	0,645	0,36	25	1,16	0,043	0,54	0,69
<i>Machaerium nyctitans</i>	2	1	0,023	1,29	0,71	25	1,16	0,015	0,19	0,69
<i>Vitex montevidensis</i>	2	1	0,016	1,29	0,71	25	1,16	0,01	0,13	0,67
<i>Tibouchina granulosa</i>	2	1	0,012	1,29	0,71	25	1,16	0,008	0,1	0,66
<i>Carica papaya</i>	2	1	0,012	1,29	0,71	25	1,16	0,007	0,09	0,66
<i>Citrus aurantifolia</i>	2	1	0,008	1,29	0,71	25	1,16	0,005	0,07	0,65
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	1	0,041	0,645	0,36	25	1,16	0,027	0,33	0,62
<i>Rapanea ferruginea</i>	1	1	0,023	0,645	0,36	25	1,16	0,015	0,18	0,57
<i>Cecropia hololeuca</i>	1	1	0,022	0,645	0,36	25	1,16	0,014	0,17	0,56

Continua...

Tabela 7, Cont.

Nome Científico	U									
	N (Nº indiv.)	(Nº SAFs em que a sp. ocorre)	AB (m ²)	DA (Nº indiv/ha)	DR (%)	FA (%)	FR (%)	DoA (m ² /ha)	DoR (%)	IVI (%)
<i>Andira sp.</i>	1	1	0,021	0,645	0,36	25	1,16	0,014	0,17	0,56
<i>Guatteria nigrescens</i>	1	1	0,021	0,645	0,36	25	1,16	0,013	0,17	0,56
<i>Prunus persicum</i>	1	1	0,019	0,645	0,36	25	1,16	0,013	0,16	0,56
<i>Vanillosmopsis erythropappa</i>	1	1	0,018	0,645	0,36	25	1,16	0,012	0,15	0,56
<i>Machaerium sp.</i>	1	1	0,017	0,645	0,36	25	1,16	0,011	0,14	0,55
<i>Allophyllus semidentatus</i>	1	1	0,014	0,645	0,36	25	1,16	0,009	0,11	0,54
<i>Schizolobium parahyba</i>	1	1	0,008	0,645	0,36	25	1,16	0,005	0,06	0,53
<i>Alchornea iricurana</i>	1	1	0,007	0,645	0,36	25	1,16	0,005	0,06	0,53
<i>Annona cacans</i>	1	1	0,006	0,645	0,36	25	1,16	0,004	0,05	0,52
<i>Dicksonia sellowiana</i>	1	1	0,006	0,645	0,36	25	1,16	0,004	0,05	0,52
<i>Eugenia sonderiana</i>	1	1	0,004	0,645	0,36	25	1,16	0,003	0,03	0,52
<i>Myrciaria tenella</i>	1	1	0,004	0,645	0,36	25	1,16	0,003	0,03	0,52
<i>Machaerium brasiliensis</i>	1	1	0,003	0,645	0,36	25	1,16	0,002	0,03	0,52
<i>Myrciaria glazioviana</i>	1	1	0,002	0,645	0,36	25	1,16	0,001	0,02	0,51
TOTAL	280	4	12,356	180,645	100	2150	100	7,972	100	100

3.5.2. Estrutura Diamétrica:

Ao realizar as análises da estrutura diamétrica para os quatro SAFs (TABELA 8), as árvores foram divididas em 14 classes diamétricas, com amplitude de 5 cm, que variaram de 4,5cm a 74,5cm de DAP.

Em uma análise geral, 61% dos indivíduos amostrados se encontram distribuídos nas três primeiras classes de diâmetro que vai de 4,5 a 19,5 cm de DAP (FIGURA 12). Este fato também ocorre quando se analisa individualmente os SAF_P, SAF_{R1} e SAF_{R2} (TABELA 8). Nestes três sistemas observou-se que mais de 50% dos indivíduos arbóreos se encontraram distribuídos nas três primeiras classes de diâmetro. No entanto, nos SAF_P e SAF_{R1} o número de indivíduos vem diminuindo de forma gradual da primeira para as classes de diâmetro seguintes. Já no SAF_{R2} o número de indivíduos aumenta progressivamente nas três primeiras classes de diâmetro para, então, diminuir nas classes seguintes.

O SAF_{R3} é o único em que a maior parte dos indivíduos se encontra distribuído nas classes de 19,5 a 39,5 cm de DAP (TABELA 8). O fato de o SAF_{R3} possuir maior número de indivíduos nessas maiores classes de diâmetro indica que este sistema possui indivíduos arbóreos mais maduros e por isso com DAP maiores.

Tabela 8 - Distribuição do número de árvores por hectare, por classe de diâmetro, para os quatro SAFs avaliados.

Limite de DAP (cm)	Centro de Classe DAP (cm)	SAF _P	SAF _{R1}	SAF _{R2}	SAF _{R3}	TOTAL
		DA (N/ha)	DA (N/ha)	DA (N/ha)	DA (N/ha)	DA (N/ha)
4,5 - 9,5	7	114	44	16	9	50
9,5 - 14,5	12	74	25	20	4	32
14,5 - 19,5	17	51	25	24	9	28
19,5 - 24,5	22	20	11	12	22	15
24,5 - 29,5	27	23	11	0	48	17
29,5 - 34,5	32	11	8	8	43	14
34,5 - 39,5	37	14	3	0	26	8
39,5 - 44,5	42	8	4	0	13	6
44,5 - 49,5	47	3	0	0	17	3
49,5 - 54,5	52	6	1	4	0	3
54,5 - 59,5	57	0	0	4	0	1
59,5 - 64,5	62	0	0	0	0	0
64,5 - 69,5	67	3	0	0	0	1
69,5 - 74,5	72	0	4	0	0	2
Total		329	137	88	191	181

em que DA= Densidade Absoluta em N/ha.

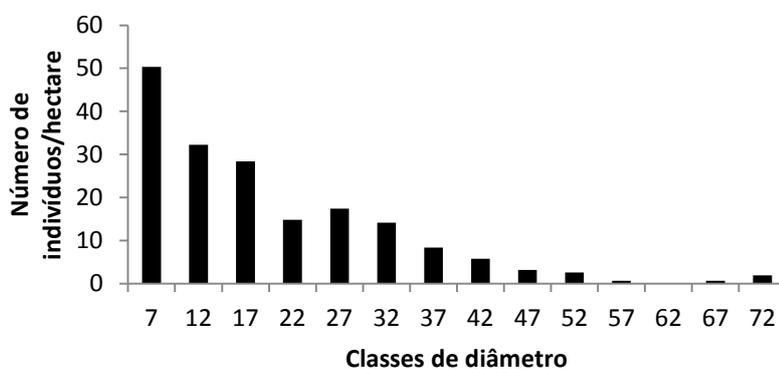


Figura 12: Distribuição diamétrica de todos os indivíduos arbóreos encontrados nos quatro SAFs avaliados.

3.6. Função das espécies nos SAFs:

Dentre as 56 espécies identificadas no presente estudo, foram encontradas no total, 35 espécies arbóreas (TABELA 9) em comum com algum dos estudos de referência utilizados (SOUZA, 2006; SIQUERA, 2008; FERNANDES, 2007). Destas 35 espécies, *Persea sp.*, o abacateiro, se destacou pois foi classificado em todas as categorias de usos. *Inga uruguensis* (ingá feijão), *Vitex montevidensis* (maria preta) e *Aegiphila sellowiana* (papagaio), foram citadas em quatro categorias de uso.

A categoria de uso construção, lenha e/ou tecnologias apresentou o maior número de espécies (26 espécies), seguida da categoria alimentar e/ou medicinal (16 espécies), interação direta com a fauna e/ou melífera (11 espécies) e adubação e/ou cobertura do solo (10 espécies).

Tabela 9 - Usos das espécies arbóreas encontradas em quatro SAFs com café em Araponga, Minas Gerais.

	Espécies	Usos					beleza cênica
		adubação e/ou cobertura de solo	alimentar e/ou medicinal	construção, lenha e/ou tecnologias	Interação direta com a fauna e/ou melífera	sombra	
1	<i>Persea sp.</i> Abacateiro	x	x	x	x	x	x
2	<i>Croton urucurana</i> Adrago		x	x			
3	<i>Rollinia silvatica</i> araticum do mato		x	x			x
4	<i>Schinus terebinthifolius</i> aroeirinha			x			
5	<i>Musa sp.</i> banana	x	x		x		
6	<i>Matayba eleaginoides</i> camboatá branca			x	x		
7	<i>Vanillosmopsis erythropappa</i> candeia			x			
8	<i>Nectandra rigida</i> canela amarela	x		x		x	
9	<i>Machaerium stipitatum</i> canela velha		x				

Continua...

Tabela 9, Cont.

	Espécies	Usos					beleza cênica
		adubação e/ou cobertura de solo	alimentar e/ou medicinal	construção, lenha e/ou tecnologias	Interação direta com a fauna e/ou melífera	sombra	
10	<i>Solanum mauritianum</i> capoeira branca	x		x			
11	<i>Rapanea ferruginea</i> pororoca			x			
12	<i>Jacaranda macrantha</i> caroba		x	x			
13	<i>Syagrus romanzoffiana</i> coco babão		x	x	x		
14	<i>Cecropia hololeuca</i> embaúba prateada		x	x			
15	<i>Cecropia pachystachya</i> embauba vermelha		x	x			
16	<i>Eucalyptus sp.</i> eucalipto			x	x	x	
17	<i>Senna macranthera</i> fedegoso	x		x	x		
18	<i>Psidium guajava</i> goiaba		x				
19	<i>Schizolobium parahyba</i> guapuruvu	x		x			x
20	<i>Inga uruguensis</i> ingá feijão	x	x	x		x	

Continua...

Tabela 9, Cont.

	Espécies	Usos					
		adubação e/ou cobertura de solo	alimentar e/ou medicinal	construção, lenha e/ou tecnologias	Interação direta com a fauna e/ou melífera	sombra	beleza cênica
21	<i>Tabebuia chrysotricha</i> ipê tabaco			x			
22	<i>Andira sp.</i> jacarandá		x				
23	<i>Dalbergia nigra</i> jacarandá da bahia			x			
24	<i>Myrcia guajavafolia</i> jambo do mato				x		
25	<i>Citrus aurantifolia</i> limão galego		x	x			
26	<i>Carica papaya</i> mamão		x		x		
27	<i>Zanthoxylum rhoifolium</i> mamica de porca		x	x			
28	<i>Vitex montevidensis</i> maria preta	x	x	x		x	
29	<i>Aegiphila sellowiana</i> papagaio	x		x	x		x
30	<i>Piptadenia gonoacantha</i> pau-jacaré			x	x	x	
31	<i>Machaerium brasiliensis</i> pau-sangue	x		x	x		

Continua...

Tabela 9, Cont.

Espécies	Usos					
	adubação e/ou cobertura de solo	alimentar e/ou medicinal	construção, lenha e/ou tecnologias	Interação direta com a fauna e/ou melífera	sombra	beleza cênica
32 <i>Prunus persicum</i> pêssego de casa		x				x
33 <i>Tibouchina granulosa</i> quaresmeira roxa			x			
34 <i>Dicksonia sellowiana</i> samambaião		x				
35 <i>Colubrina grandulosa</i> sobrasil			x	x		
TOTAL	10	16	26	11	6	5

4. DISCUSSÃO

Diversidade em SAFs com café

Um dos princípios do manejo agroecológico é o respeito, a manutenção e o aumento da diversidade (MOONEN e BÁRBERI, 2008). Ao estudar os SAFs com café, agroecológicos, de Araponga, notou-se esta diversidade presente de diversas formas. Nos objetivos de cada um dos SAFs, no manejo das áreas, no desenho destes sistemas, que inclui a distribuição espacial das árvores, bananeiras e café, nas espécies arbóreas presentes e na forma e área total dos SAFs em cada propriedade.

Quanto aos objetivos dos SAFs, notou-se, assim como Souza (2006), que geralmente, estas áreas são implantadas com mais de um objetivo. Os principais objetivos descritos por este autor ao estudar SAFs com café na região da Zona da Mata foram, recuperação do solo, conservação, produção e subsistência. No presente estudo, além dos objetivos citados por Souza (2006), também foram citados os objetivos de atração de fauna, fornecimento de sombra e proteção contra o vento.

Em relação ao manejo das árvores nos SAFs, percebeu-se que ele é feito a partir de um acompanhamento e observação constante dos agricultores, apresentando particularidades para cada área. O manejo se dá principalmente a partir de podas de galhos de árvores que estão prejudicando o café, sombreando demais; da recepa ou retirada de algumas árvores no momento da recepa dos pés de café, para que não haja competição por luz e favoreça o crescimento inicial do café e da seleção de mudas de árvores que crescem a partir da regeneração natural no momento da capina entre as linhas de café. Souza (2006) identificou que, nestes sistemas, o principal critério utilizado pelos agricultores para a introdução ou retirada de espécies arbóreas é a compatibilidade das árvores com o café. Além disso, percebeu que os principais indicadores desta compatibilidade são o bom aspecto fitossanitário do café; o sistema radicular profundo das árvores; a produção de biomassa pelas espécies arbóreas; a mão-de-obra necessária para o plantio e manutenção do componente arbóreo no sistema; e a possibilidade de diversificação da produção, seja de alimentos para o ser humano e ou animais, seja para a produção de madeiras para utilização na propriedade.

As pequenas áreas de SAFs (média de 0,38 ha, TABELA 2) ocorrem devido ao respeito, por parte dos agricultores, à diversidade presente em cada ambiente. Assim, mesmo que um agricultor possua sua propriedade inteira em sistemas agroflorestais, estes são distintos em função da estratificação que o mesmo faz de sua terra, procurando utilizar espécies que se adequam aos diversos estratos, pois a mesma espécie não se comporta da mesma maneira em locais diferentes da propriedade. Cada estrato possui características diferentes de solo, insolação, relevo, umidade e etc (CARDOSO, 1993).

O padrão de distribuição das árvores agregado observado em três dos quatro SAFs estudados, coincide com o objetivo dos agricultores de formar barreiras contra o vento, a partir do componente arbóreo. A concentração das árvores nas bordas dos sistemas, utilizadas como quebra-vento é uma estratégia recomendada para locais com predominância de ventos fortes (Resende e Júnior, 2011). Ventos prejudicam a lavoura, pois afetam o crescimento das plantas através do aumento das taxas de transpiração, da diminuição da absorção de CO₂ e de danos mecânicos gerados sobre as folhas e ramos (MOTA, 1983; CARAMORI et al., 1986). Além disso, as culturas perenes, com o café, são as mais prejudicadas pelo vento, pois possuem porte maior e permanecem por períodos mais longos no campo (RESENDE e JÚNIOR, 2011). Além disso, caso todas as árvores estivessem no meio do café, o sombreamento seria excessivo, o que, segundo Jaramillo (2003), inviabiliza a produção cafeeira.

Tanto o número total de espécies (56) e famílias botânicas (27) encontradas nos quatro SAFs estudados, quanto o número médio de espécies (20) e famílias botânicas (15) calculadas por SAF no presente estudo (TABELA 4) mostraram valores proporcionalmente compatíveis com os obtidos por outros autores em SAFs nesta mesma região. Souza (2006) ao sistematizar a experiência de 18 agricultores da Zona da Mata com SAFs com café, listou 82 espécies arbóreas e obteve uma média de 12 espécies por SAF, além do café. Siqueira (2008) estudou sete SAFs também nesta região e identificou no total, 73 espécies arbóreas, distribuídas em 27 famílias botânicas. Além disso, no presente estudo, assim como no trabalho de Siqueira (2008), a família botânica Leguminosae foi a que apresentou maior riqueza de espécies nos SAFs.

O número de espécies arbóreas e famílias contabilizadas nos quatro SAFs foi superior ao encontrado por Ribeiro (2007) em uma área de capoeira na região de

Viçosa. Neste estudo a autora encontrou 31 espécies de indivíduos arbóreos distribuídos em 21 famílias.

O eucalipto (*Eucalyptus sp.*), que foi a espécie arbórea que mais se destacou em relação ao número de indivíduos tanto no SAF_{R1} quanto no SAF_{R2}, é uma espécie que, apesar de ser exótica, tem grande importância para as famílias agricultoras tanto pela possibilidade de seu uso para construções dentro da propriedade, quanto pelo fornecimento de florada para produção de mel. É uma espécie que, por apresentar crescimento rápido e apresentar bom desenvolvimento do fuste após as recepas (MORA e GARCIA, 2000) tem sido escolhida por alguns agricultores. No entanto notou-se que em dois dos SAFs estudados esta espécie não ocorre e, nos sistemas em que acontece, a inserção desta espécie não se dá no interior das áreas e sim, nas bordas, o que contribui para a formação de quebra-vento para a lavoura de café.

A diversidade de espécies (TABELA 6), avaliada a partir dos índices de diversidade (H' de 3,36 e J de 0,81) estão próximos dos valores obtidos em Florestas Semideciduais da Zona da Mata, máximo de 4,31 e mínimo de 3 (H') e 0,82 e 0,74 (J) por diversos autores (AMARO, 2010; SILVA et al., 2004; SEVILHA, 2001; MEIRA NETO E MARTINS, 2009; VILAR, 2009; TORRES, 2011). Tendo em vista que os próprios agricultores reconhecem a importância dos SAFs estarem articulados entre as propriedades e dentro das propriedades para que sejam sustentáveis (SOUZA 2006), e que neste estudo, três, dos quatro SAFs estudados se situam ao lado um do outro, formando um corredor agroflorestal, os valores gerais obtidos neste estudo para os índices de diversidade, devem ser considerados.

A biodiversidade é importante na produção de serviços dos ecossistemas. Ou seja, as múltiplas funções exercidas pelos ambientes naturais exigem uma maior biodiversidade, visto que diferentes processos ecossistêmicos não são afetados pelas mesmas espécies (HECTOR e BAGCHI, 2007). Neste sentido, a diversidade florística dos SAFs, avaliada pelos índices de diversidade, foi elevada, considerando a avaliação geral dos sistemas e apresentou valores muitas vezes semelhantes a áreas de vegetação natural em estágios iniciais, como as capoeiras ($H'= 3,56$ e $J= 0,73$; $H'= 3,94$ e $J= 0,80$) (SILVA et al., 2004; TORRES, 2011). Desta forma, por sua elevada diversidade, os SAFs, assim como proprôs Perfecto et al. (2009) podem melhorar a qualidade da matriz

agrícola no entorno dos fragmentos florestais contribuindo tanto com a conservação quanto com a conectividade entre estes fragmentos.

Estrutura Horizontal e Diamétrica em SAFs com Café

Considerando os quatro SAFs avaliados, o valor de densidade arbórea encontrado (180 árvores por hectare, TABELA 7) é superior aos valores encontrados por Müller (2009) em um sistema silvipastoril misto com *Eucalyptus grandis* e *Acacia mangim* na Zona da Mata mineira que apresentou uma densidade de 105 árvores por hectare. A dominância dos SAFs estudados (aproximadamente 8m²/ha) é similar com áreas de capoeira, estágio inicial de regeneração da vegetação (12,33m²/ha), na região de Viçosa (Ribeiro, 2007). Entretanto a densidade de árvores encontrada nos SAFs acrescenta elevada diversidade quando se pensa que os plantios de café são realizados na região da Zona da Mata, normalmente de forma solteira, ou seja, sem nenhuma árvore (SOUZA, 2012). Isto é uma forma de conciliar sustentabilidade ambiental, com econômica e social, já que estas árvores não representam necessariamente diminuição do retorno econômico dos agroecossistemas e ainda contribuem para a autonomia e segurança alimentar das famílias (Souza et al, 2010).

O padrão de distribuição diamétrica observado para os quatro SAFs (Figuras 12 a 15), seguiu um padrão característico de florestas naturais inequiâneas, ou seja, apresenta uma distribuição exponencial negativa (MEYER, 1952) na forma de “J” invertido, sendo que a maior frequência de indivíduos se encontra nas classes de diâmetros menores. Este comportamento garante que o processo dinâmico de uma população arbórea se perpetue, podendo-se afirmar que os SAFs se encontram em pleno desenvolvimento em direção a estágios mais avançados de sucessão, uma vez que existe um maior número de indivíduos jovens que poderão suceder aqueles que se encontram senis ou em decrepitude (LOPES et al.,2002; WATZLAWICK et al., 2011).

Serviços Ecosistêmicos em SAFs com café:

As categorias de uso em que as árvores presentes nos SAFs foram classificadas estão relacionadas com os serviços ecosistêmicos que elas provem, de acordo com as categorias definidas pela Avaliação Ecosistêmica do Milênio (MA, 2005). Os usos

alimentar e/ou medicinal e construção, lenha e/ou tecnologias estão inseridos na categoria de **serviços de provisão**, que está relacionada com a capacidade dos ecossistemas em prover bens. O uso adubação e/ou cobertura de solo e interação direta com fauna e/ou melífera estão inseridos na categoria de **serviços de suporte**, que são os processos necessários para que outros serviços existam. O uso das espécies para o fornecimento de sombra para o sistema, atenuando a temperatura local, está inserido nos **serviços de reguladores**, que são os benefícios obtidos a partir de processos naturais que regulam as condições ambientais que sustentam a vida humana. E o uso das árvores a fim de que forneçam beleza cênica ao ambiente, está inserido na categoria de **serviços culturais**, que é o reconhecimento da importância dos ecossistemas em oferecer benefícios estéticos, recreacionais, educacionais e espirituais.

Ao estudar os usos das espécies arbóreas por agricultores familiares em fragmentos florestais no município de Araponga, Siqueira (2008) observou que os principais usos citados foram construção, lenha e tecnologias. Estes usos também foram os mais citados para as 35 espécies classificadas neste estudo (TABELA 8), porém presentes nos SAFs. Este fato reforça a afirmação de Schroeder (1993), de que a utilização de práticas agroflorestais pode ajudar a reduzir o desmatamento, visto que os agricultores estão inserindo nos sistemas agroflorestais espécies arbóreas com fins de utilização da madeira, em suas diversas formas, poupando assim, os fragmentos florestais da região. Ressalta e confirma também a importância dos SAFs para o suprimento de madeira para muitas famílias de pequenos agricultores da Zona da Mata (Cardoso et al., 2009).

Os SAFs são importantes também na produção de alimentos e/ou usos medicinais (segunda categoria de usos mais citada, TABELA 8). Assim a presença de árvores nativas, não precisa ser vista como um empecilho ao desenvolvimento agrícola (RIBEIRO et al., 2009). Os SAFs aumentam a segurança alimentar e nutricional das famílias agricultoras e podem contribuir para reduzir novos desmatamentos visto que, de acordo com Froufe et al. (2011), práticas com o potencial de aliar a produção de alimentos com a manutenção da capacidade produtiva do solo, são necessárias para a reduzir novos desmatamentos de ampliação da fronteira agrícola.

A diversificação observada nos SAFs pode ainda, em relação ao sistema de plantio de café solteiro (sem árvores), ser importante para a sustentabilidade econômica

dos agricultores familiares. Nos SAFs existe uma maior oferta de produtos (SOUZA, 2006) com receitas que se complementam. Por exemplo, o café apresenta apenas uma receita anual, por ocasião da colheita, enquanto a banana tem receitas durante o ano todo. Isto é importante para a sustentabilidade econômica dos agricultores visto que eles possuem despesas durante todo o ano. Este fato pode ainda evitar a necessidade dos agricultores em recorrer a financiamentos oficiais e empréstimos de particulares.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

As árvores encontradas nos SAFs com café apresentaram, em geral, uma distribuição espacial das árvores agregada, ou seja, a maior parte dos indivíduos arbóreos presentes em cada SAF se encontram agrupados dentro da área, existindo nos SAFs algumas regiões com elevado número de indivíduos em detrimento de outras com baixo número de indivíduos arbóreos. A agregação ocorreu a partir da necessidade de formar barreiras contra o vento a partir do componente arbóreo o que fez com que alguns SAFs possuíssem a maior parte dos indivíduos concentrados nas bordas do sistema.

A diversidade florística avaliada nos SAFs se mostrou elevada e apresentou valores compatíveis com os obtidos em fragmentos florestais da Zona da Mata em estágios iniciais de sucessão, como as capoeiras. Além disso, a diversidade de espécies encontrada em cada SAF relaciona-se com os objetivos dos agricultores para cada área e com as características naturais de cada ambiente, observadas pelos agricultores. As árvores nos SAFs encontram-se em estágios iniciais de sucessão.

As principais funções das espécies arbóreas encontradas nos SAFs estão relacionadas com os usos das espécies para construções, lenha e outras tecnologias que envolvem o uso da madeira dentro da propriedade e a utilização para fins alimentares e medicinais. As espécies encontradas nos SAFs se contemplam as quatro categorias de serviços ecossistêmicos definidas pela Avaliação Ecológica do Milênio e confirmam o potencial destes agroecossistemas em oferecer uma matriz agrícola com potencial para contribuir tanto com a conservação de fragmentos florestais naturais, quanto com a redução dos desmatamentos com fins de extrativismo e ampliação de fronteira agrícola.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALTIERI, M. A. **Agroecology: the science of sustainable agriculture**. London UK. 1995. 433 p.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG**. 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2010.
- APG - **Angiosperm Phylogeny Group III**. 2009. An update of the Angiosperm Phylogeny Group classification for the orders and families of flowering plants: APG III. *Bot. J. Linn. Soc.*141:399-436.
- CAIAFA, A. N. **Composição florística e estrutura da vegetação sobre afloramento rochoso no Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, MG**.Dissertação (Mestrado em Botânica) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2002.55f.
- CARAMORI, P. H.; OMETTO, J. C; VILLA NOVA, N. A.; COSTA, J. D. Efeitos do vento sobre mudas de cafeeiro mundo novo e catuaí vermelho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 21 (11), p. 1113-1118, 1986.
- CARDOSO, I.M. **Percepção e uso por pequenos agricultores de uma microbacia no município de Ervália- MG**. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 1993. 195p.
- CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. **Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil**.*Agricultural Systems*, v.69, p.235-257. 2001.
- CARDOSO, I.M.; FERRARI, E.A. **Construindo o conhecimento agroecológico: trajetória de interação entre ONG, universidade e organizações de agricultores**. *Agriculturas* 3:28-32 (<http://agriculturas.leisa.info>). 2006.
- CARNEIRO, J.J.; CARDOSO, I.M.; MOREIRA, V.D. Agroecologia e Conservação de Água: Um Estudo de Caso no Município de Araponga, MG. *Rev. Bras. de Agroecologia*, 4(2):513-516, 2009.
- CARVALHO, A. F. de. **Água e radiação em sistemas agroflorestais com café, no território da Serra do Brigadeiro – MG**.2011. 115f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011.
- CARVALHO, A. F.; FERREIRANETO, P. S. **Evolving Learning in Designing Agroecological Farming Systems With Small-Scale Farmers in Zona Da Mata, Brazil**. Deepening the basis of rural resource management: Workshop proceedings. The Hague: ISNAR, 2000. 73 - 88 p.

CATOVSKY, S.; BRADFORD, M. A.; HECTOR, A. **Biodiversity and ecosystem productivity: implications for carbon storage**. *Oikos*, v. 97, n. 3, p. 443-448, 2002.

CIENTEC. **Mata Nativa 2: Manual do usuário**. Viçosa: Cientec, 2006. 295f.

COELHO, F. M. G. **A arte das orientações técnicas no campo: concepções e métodos**. Viçosa. Ed.: UFV. 2005. 139p.

COSTA, C.M.R.; HERMANN, G.; LINS, L.V.; LAMAS, I. R (orgs). **Biodiversidade em Minas Gerais: um Atlas para a sua conservação**. Fundação Biodiversitas, Belo Horizonte. 94p. 1998.

CRONQUIST, A. **The evolution and classification of flowering plants**. 2 ed. Bronx: New York Botanical Garden. 1988. 555p.

FERNANDES, J. M. **Taxonomia e etnobotânica de Leguminosas Adams, em fragmentos florestais e sistemas agroflorestais na Zona da Mata Mineira**. DBV, UFV, Viçosa, 2007. 78 p.

FERRARI, E. A. **Desenvolvimento da Agricultura Familiar: a experiência do CTA-ZM**, In: ALVARES, V. H.; FONTES, L.E.F., FONTES, M.P.F. (Ed.) **O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 233 - 250.

FERREIRA, F.M.C. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais (Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre), Belo Horizonte. 2008.

FREITAS, H.R.; CARDOSO, I.M.; JUCKSCH, I. **Legislação ambiental e uso da terra: o caso da Zona da Mata de Minas Gerais**. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Boletim Informativo 29. p.22-27.2004.

FREITAS A.F., PASSOS G.R., FURTADO F.D.C., SOUZA L.M., ASSIS S.O., MEIER M., SILVA B.M., RIBEIRO S., BEVILACQUA P.D., MANCIO A.B., SANTOS P.R. e CARDOSO I.M. **Produção animal integrada aos sistemas agroflorestais: necessidades e desafios**. *Agriculturas*, 6:30-35 (www.agriculturas.org.br). 2009.

FRANS, G. **80 herramientas para el desarrollo participativo: diagnóstico, planificación, monitoreo, evaluación**. San José, C.R.: IICA, 2002.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. **Potencial de sistemas agroflorestais multiestrato para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica**. *Pesquisa Florestal Brasileira*, Colombo, v.31, p. 143-154. 2011.

GOLFARI, L. **Zoneamento Ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento**. Série Técnica, 3. CPFRC. Belo Horizonte. BR., 1975.

HECTOR, A.; BAGCHI, R. **Biodiversity and ecosystem multifunctionality**. Nature. V. 448. 2007.

IBGE, 2010. **Censo Demográfico (Minas Gerais)** – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

IBGE, 2006. **Censo Demográfico. (Minas Gerais)**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

INPE, 2013. **Atlas dos Remanescentes Florestais da Mata Atlântica**. Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais. Disponível em: http://www.inpe.br/noticias/noticia.php?Cod_Noticia=3299, Acesso em 04 de junho de 2013.

IZAC, A.M. N. Economic aspects of soil fertility management and agroforestry practices. 2003. In: Schroth G, Sinclair F (eds). **Trees crops and soil fertility: concepts and research methods**. CABI, Wallingford, UK, p 464. 2003.

BOTERO, C. J. **Avaliação do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo de cafeeiros sob níveis de sombreamento e adubação**. 2003. 52 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) –Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa. 2003.

JOSE, S. **Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview**. Agroforest System, v. 76, p. 1-10. 2009.

KER, J. C. **Mineralogia, sorção e desorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. 181 p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1995.

LEONI, L. S. 2002. Árvores ocorrentes em Fragmentos na Mata da Encosta Atlântica no Município de Faria Lemos, Minas Gerais, Brasil. **Pabstia**, Carangola, v.13 n. 1p. 1-27.

LOPES, W. P.; SILVA, A. F.; SOUZA, A. L.; MEIRA NETO, J. A. A. **Estrutura fitossociológica de um trecho de vegetação arbórea no Parque Estadual do Rio Doce - Minas Gerais , Brasil**. Acta Bot. Bras, v.16, n.4, p. 443-456, 2002.

MA. Millenium Ecosystem Assessment. **Ecosystems and Human Well-being: Synthesis**. Disponível em português em : <http://www.maweb.org/documents/document.446.aspx.pdf>: Island Press, 2005.

MAGURRAN , A.E. **Diversidad Ecológica y su Medición**. Espanha: Ediciones Vedra, 1989. 199p.

MEIRA NETO, J. A. A.; MARTINS, F. R. **Composição florística de uma floresta estacional semidecidual montana no município de Viçosa-MG**. Revista *Árvore*, v.26, n.4, p. 437-446, 2002.

MENDONÇA, E.S.; LEITE, C.L.F.; NETO, F. P.S. 2001. Cultivo do café em sistema agroflorestal: uma opção para recuperação de solos degradados. *Árvore* 25:375-383. MOONEN A.C.; BÁRBERI P. **Functional biodiversity: An agroecosystem approach**. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 127, p 7–21. 2008.

MEYER, H. A. **Structure, growth, and drain in balanced uneven-aged forests**. Journal of Forestry, Oxford, v. 50, p. 85-92, 1952.

MOONEN A.C.; BÁRBERI P. **Functional biodiversity: An agroecosystem approach**. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 127, p 7–21. 2008.

MOTA, F. S. **Meteorologia Agrícola**. São Paulo: Livraria Nobel, 1983. 376 p.

MÜLLER, M. D.; FERNANDES, E.N.; CASTRO, C. R.T de; PACIULLO, D. S. C; ALVES, F. F. **Estimativa de acúmulo de biomassa e carbono em sistema agrossilvipastoril na zona da mata mineira**. Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, n. 60, p. 11-17. 2009.

MUTUO, P. K.; CADISCH, G.; ALBRECHT, A.; PALM, C. A.; VERCHOT, L. **Potential of agroforestry for carbon sequestration and mitigation of greenhouse gas emissions from soils in the tropics**. Nutrient Cycling in Agroecosystems, v. 71, p. 43-54, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; Da FONSECA, G.A.B.; KENT, J. **Biodiversity hotspots for conservation priorities**. Nature, 403:853-858. (2000).

RESENDE, S. A. A.; JÚNIOR, J. C. R. **Interferência dos ventos no cultivo de plantas: efeitos prejudiciais e práticas preventivas**. ENCICLOPÉDIA BIOSFERA, Centro Científico Conhecer - Goiânia, vol.7, N.12; 2011. Pág 1 a 6. Disponível em : <<http://www.conhecer.org.br/enciclop/2011a/agrarias/interferencia%20dos%20ventos.pdf>>

REZENDE, M. Q. **Etnoecologia e Controle Biológico Conservativo em Cafeeiros sob Sistemas Agroflorestais**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

RIBEIRO, C. A. do N. **Florística e Fitossociologia de um trecho de Floresta Atlântica de Altitude na Fazenda da Neblina, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais**. 2003. 52f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando à geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária.** 2007, 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. **The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, June 2009.

SCHROEDER, P. **Agroforestry systems: integrate land use to store and conserve carbono.** Climate Research, v 3, p.53-60. 1993.

SILVA, N. R. S.; MARTINS, S. V.; MEIRA NETO J. A. A.; SOUZA, A. L. **Composição florística e estrutura de uma Floresta Estacional Semidecidual Montana em Viçosa, MG.** Revista Árvore, v. 28, n. 3, p. 397-405, 2004.

SIQUEIRA, L. C. **Levantamento florístico e etnobotânico de estrato arbóreo em Sistemas Naturais e Agroflorestais, Araçuaia, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 118f.2008.

SEVILHA, A. C.; PAULA, A.; LOPES, W. P.; SILVA, A. F. **Fitossociologia do estrato arbóreo de um trecho de floresta estacional no Jardim Botânico da Universidade Federal de Viçosa (Face Sudoeste).** Revista Árvore, v.25, n.4, p.431-443, 2001.

SOUZA, A. L. de., NETO, J. A. A. M., STANLEY, S., **Avaliação florística, fitossociológica e paramétrica de um fragmento de floresta atlântica secundária, município de Caravelas, Bahia.** 1998. 117f..Viçosa: SIF, il. (Documento SIF, 19).

SOUZA, H. N. de. 2006. **Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata Mineira.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.127 f. 2006.

SOUZA H.N.; CARDOSO, I.M.; FERNANDES, J.M.; GARCIA, F.C.P.; BONFIN, V.R.; SANTOS, A.C.; CARVALHO, F.A.; MENDONÇA, E.S. **Selection of native trees for intercropping with coffee in the Atlantic Rainforest biome.** Agroforestry systems. 80:1-16. 2010.

SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G. M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, M. M. **Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the**

Atlantic Rainforest biome. Agriculture, Ecosystems and Environment, v.146, p. 179–196. 2012b.

RIBEIRO, C. A. do N. **Florística e fitossociologia de um trecho de Floresta Atlântica de Altitude na Fazenda da Neblina, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Botânica) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 52f.2003.

RIBEIRO, M. C.; METZGER, J. P.; MARTENSEN, A. C.; PONZONI, F. J.; HIROTA, M. M. **The Brazilian Atlantic Forest: how much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation.** Biological Conservation, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, June 2009.

TORRES, C. M. M. E. **Análises técnica e econômica da geração de créditos de carbono em projetos florestais na região de Viçosa, MG.** 2011, 136p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2011.

VANDERMEER, J.; PERFECTO, I. 2007. **The Agricultural Matrix and a Future Paradigm for Conservation.** Conservation Biology. v. 21, p.274–277.

VILAR, M. B. **Valoração econômica de serviços ecossistêmicos em propriedades rurais.** 2009, 146 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2009.

WATZLAWICK, L.F. et al. Fixação de carbono em floresta ombrófila mista em diferentes estágios de regeneração. In: SANQUETTA, C.R. et al. **As Florestas e o Carbono.** Curitiba: UFPR, 2002. Parte 8, p. 153-173.

CAPÍTULO 3

ESTOQUE DE CARBONO EM SISTEMAS AGROFLORESTAIS COM CAFÉ

RESUMO

A introdução de árvores aos agroecossistemas, a partir de Sistemas Agroflorestais (SAFs), podem absorver grandes quantidades de carbono atmosférico, e tem sido proposta como forma de compensar as mudanças negativas observadas no clima global. No entanto, a variabilidade inerente às estimativas do potencial dos SAFs para sequestrar carbono e a falta de metodologias uniformes tem feito comparações difíceis. Neste sentido, o presente estudo objetivou aprofundar as pesquisas relacionadas ao sequestro de carbono dos SAFs com café (*Coffea arabica*) na região da Zona da Mata. Especificamente objetivou-se calcular o estoque de carbono da biomassa aérea de árvores e arbustos de SAFs com café a partir da utilização de diferentes metodologias visando encontrar um valor médio mais confiável para cada componente avaliado. Trabalhou-se com quatro SAFs localizados no município de Araponga, MG. Para todas as espécies arbóreas e bananeiras presentes nos SAFs, a determinação do estoque de carbono foi feita pela utilização do método indireto, a partir de duas equações alométricas, a equação do CETEC (1995) e a equação de Brianezzi (2012). Apenas para efeito de comparação do método destrutivo e indireto para o componente arbóreo, foi realizado estudo por método destrutivo de apenas uma espécie arbórea presente nos sistemas, a capoeira branca (*Solanum mauriticum*). Já para a biomassa do café utilizou-se o método direto (destrutivo) e indireto. O estoque total de carbono encontrado na biomassa aérea das árvores (18,60 toneladas por hectare), do café (6,90 toneladas por hectare) e das bananeiras (0,1 toneladas por hectare) presentes nos quatro SAFs estudados, considerando a média obtida pela utilização das diferentes metodologias, foi de 26,11 toneladas de carbono por hectare. A equação de Brianezzi se mostrou confiável para uso nos SAFs visto que apresentou valores mais conservadores que a equação do CETEC. Os SAFs muitas vezes podem apresentar o potencial de sequestro e estoque de carbono semelhante ou superior ao de vegetações naturais em estágios iniciais de regeneração, como as capoeiras. Os sistemas agroflorestais podem contribuir para mitigar os efeitos de mudança climática devido às emissões de carbono, já que o estoque de carbono total dos SAFs com café podem zerar as emissões de carbono do

processo de produção do café e ainda apresentar um saldo positivo de carbono de 73,78 toneladas de carbono por hectare.

Palavras chave: mudanças climáticas, biomassa, neutralização de carbono

1. INTRODUÇÃO

Atualmente as atividades antrópicas alcançaram níveis que colocam em risco a capacidade de renovação dos recursos naturais. Isto tem exposto grande parte da população aos riscos de fenômenos extremos, em consequência das mudanças climáticas globais (SCHIPPER e PELLING, 2006). A elevação da temperatura da Terra, levando a uma maior ocorrência de secas e inundações são uma das principais mudanças negativas no clima global e estão, em grande parte, associadas a um aumento na atmosfera, da concentração de gases responsáveis pelo efeito estufa (ALBRECHT e KANDIL, 2003). Dentre os gases causadores deste efeito, o gás carbônico, ou dióxido de carbono (CO₂), liberado pela atividade antrópica é responsável por até 80% do aquecimento global (YU, 2004), e tem, na biomassa vegetal e nos solos seus maiores potenciais de absorção nos ecossistemas terrestres. Por este motivo, a remoção do carbono atmosférico (C) e armazenamento na biosfera terrestre é uma das opções que têm sido propostas para compensar gases de efeito estufa (GEE) (ALBRECHT e KANDIL, 2003).

Nos últimos 20 anos, houve grande redução de sequestro de carbono pelos ecossistemas (YU, 2004) e esta redução é decorrente, entre outros motivos, da conversão de áreas com vegetação natural em áreas agrícolas (FROUFE et al., 2011), a partir de um processo em que predominou a implantação de monoculturas, utilização de agrotóxicos e fertilizantes. Este processo levou, além da diminuição do potencial de sequestro e estocagem de carbono nos ecossistemas terrestres (FROUFE et al., 2011), a uma imensa perda de biodiversidade e, conseqüentemente, de inúmeros serviços ecossistêmicos relacionados à biodiversidade (HECTOR e BAGCHI, 2007). No entanto, a introdução de árvores aos agroecossistemas, manejadas em conjunto com as culturas e ou animais, utilizando Sistemas Agroflorestais (SAFs), podem absorver grandes quantidades de carbono atmosférico (ALBRECHT e KANDIL, 2003), além de fornecer diversos outros serviços ecossistêmicos. O componente arbóreo fixa e estoca carbono da atmosfera porque árvores são plantas perenes que podem funcionar como sumidouros ativos de carbono por períodos de muitos anos (SCHROEDER, 1.993).

A Zona da Mata mineira é uma das regiões no Brasil em que os serviços ecossistêmicos foram seriamente afetados pelas mudanças no uso da terra. É uma região inserida no bioma Mata Atlântica e que era originalmente quase toda coberta por floresta estacional semidecidual. A introdução da cultura do café, no início do século XIX, foi uma das principais causas da devastação das florestas e da erosão dos solos, uma vez que, via de regra, os cultivos eram feitos sem nenhuma preocupação conservacionista, com o café a pleno sol, plantado morro abaixo e com solo das ruas exposto (FERRARI, 1996).

Neste ambiente, pequenos agricultores e instituições parceiras realizaram experiências pilotos com SAFs com café em áreas de propriedades familiares por mais de uma década e tiveram a agroecologia como a base científica do trabalho (SOUZA, 2006). O manejo do agroecossistema, a partir da perspectiva agroecológica, objetiva aumentar a diversidade e será bem sucedido se aumentar no curto prazo os serviços dos agroecossistemas (em termos de bens e processos ou magnitude dos processos) (MOONEN e BÁRBERI, 2008).

Em relação aos cafezais a pleno sol, os SAFs com café da Zona da Mata, contribuíram para potencializar o controle biológico conservativo (REZENDE, 2010), aumentar a biodiversidade (FERNANDES, 2007; CARDOSO et al., 2010), a ciclagem de nutrientes (DUARTE, 2007), a quantidade e qualidade da água (CARNEIRO, 2009), a qualidade do solo (AGUIAR, 2008; CARVALHO, 2011) e mantiveram os polinizadores no sistema (FERREIRA, 2008). Os SAFs também atenuaram a temperatura da atmosfera e do solo locais (CARVALHO, 2011; SOUZA et al., 2012) especialmente nos períodos mais quentes do ano, sendo um sistema com potencial para mitigar localmente os efeitos do aquecimento global. No entanto, muitos dos serviços ecossistêmicos promovidos pelos SAFs, como o sequestro de carbono (MONTAGNINI e NAIR 2004; OELBERMANN et al. 2004), com implicações na melhoria do clima, ainda não foram profundamente estudados nos SAFs da Zona da Mata mineira.

O potencial dos sistemas agroflorestais para sequestrar carbono varia de acordo com o tipo de sistema, composição de espécies, idade dos indivíduos componentes, localização geográfica, fatores ambientais e práticas de manejo. Um grande número de estudos nos últimos anos relata o potencial de sequestro de carbono de SAFs em todo o mundo. No entanto, a variabilidade inerente às estimativas e a falta de metodologias

uniformes fazem comparações difíceis (JOSE, 2009; ALBRECHT e KANDIL, 2003). Catovsky et al. (2002) afirmam que quanto maior a diversidade de espécies em um determinado ecossistema, maior será o potencial de estoque de carbono na biomassa, em função da otimização da fotossíntese das diferentes espécies que compõem o ecossistema. Somado a isso, Mutuo et al. (2005) complementam dizendo que sistemas agroflorestais heterogêneos (que é o caso dos SAFs com café da Zona da Mata), possuem a capacidade de recuperar os estoques de carbono em ecossistemas terrestres, em quantidades inferiores, porém com taxas similares a sistemas de sucessão secundária (capoeiras).

De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2003) existem cinco tipos de depósitos (reservatórios) de carbono que podem ser medidos nos ecossistemas terrestres. A biomassa viva acima do solo, a biomassa viva subterrânea, a matéria orgânica morta (que inclui madeira morta), a serapilheira e a matéria orgânica do solo. Cabe ressaltar que em relação ao estoque de carbono presente nos principais tipos de depósito nos diferentes tipos de uso da terra, diferenças mais significativas tem sido observadas na biomassa viva acima do solo (biomassa arbórea e arbustiva) (FROUFE et al., 2011).

Os métodos utilizados para a quantificação do carbono nos diversos tipos de depósito incluem, basicamente, os métodos diretos (destrutivos), ou indiretos (não destrutivos). Muitas vezes, pela grande dificuldade e inviabilidade de utilização dos métodos destrutivos, faz-se necessário a utilização de métodos indiretos para a determinação do estoque de carbono na biomassa terrestre. Dentre os métodos indiretos, a utilização de equações alométricas é muito recomendada, pois permite relacionar algumas dimensões básicas obtidas em campo, geralmente de fácil medição, com as características de interesse, de forma que não seja necessário medir diretamente estas últimas (TITO et al., 2009).

Neste sentido, o presente estudo objetivou aprofundar as pesquisas relacionadas ao sequestro de carbono dos SAFs com café (*Coffea arabica*) na região da Zona da Mata mineira. Especificamente objetivou-se calcular o estoque de carbono da biomassa aérea de árvores e arbustos de sistemas agroflorestais com café.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Área de estudo

O trabalho consistiu na quantificação do estoque de carbono em sistemas agroflorestais (SAFs) com café, localizados no município de Araponga (FIGURA 1), Zona Mata de Minas Gerais, bioma Mata Atlântica, Brasil. A região é caracterizada por possuir um relevo montanhoso, solos intemperizados e ácidos (KER, 1995). O clima na região de acordo com a classificação de Köppen é do tipo mesotérmico de altitude (Cw_b), com verões brandos a quentes e úmidos (RIBEIRO, 2003). A precipitação média anual é de 1.300 mm, com um período seco de dois a quatro meses e precipitação mensal acima de 100 mm nos períodos de outubro a março. A temperatura média anual é de 19°C (GOLFARI, 1975).

Grande parte da população (63%) vive no meio rural, são predominantemente agricultores familiares e usam poucos insumos externos (IBGE, 2010). O café (*Coffea arabica*) é a principal cultura econômica da região e quase sempre é consorciado com culturas de subsistência, como o feijão e o milho (FREITAS et al., 2004).

Foram selecionados quatro sistemas agroflorestais (SAFs) com café, no município de Araponga. Estes SAFs foram implantados em processo de experimentação participativa pelos agricultores com a assessoria do CTA-ZM e UFV, na década de 1990. Os sistemas foram adaptados às condições locais, e por isto possuem enorme diversidade de desenhos, manejo (SOUZA et al., 2012) e de espécies (SIQUEIRA, 2008). Além disso, estes SAFs foram propostos e implantados dentro de uma concepção agroecológica, como forma de elevar o potencial de uso dos recursos naturais, de forma integrada à estrutura de organização sócio-cultural da região e considerando as condições ambientais que promovem o desenvolvimento rural sustentável (SOUZA, 2006).

Os SAFs estudados localizam-se em uma propriedade na microbacia do Córrego São Joaquim (SAF_P) e em uma propriedade na microbacia do córrego Lanas (SAF_{R1}, SAF_{R2}, SAF_{R3}). A identificação dada aos SAFs traz as iniciais dos nomes dos

agricultores para a diferenciação entre eles. As figuras ilustrativas destes SAFs se encontram no item 2.2 do Capítulo 2 desta dissertação (FIGURAS 2, 3, 4 e 5).

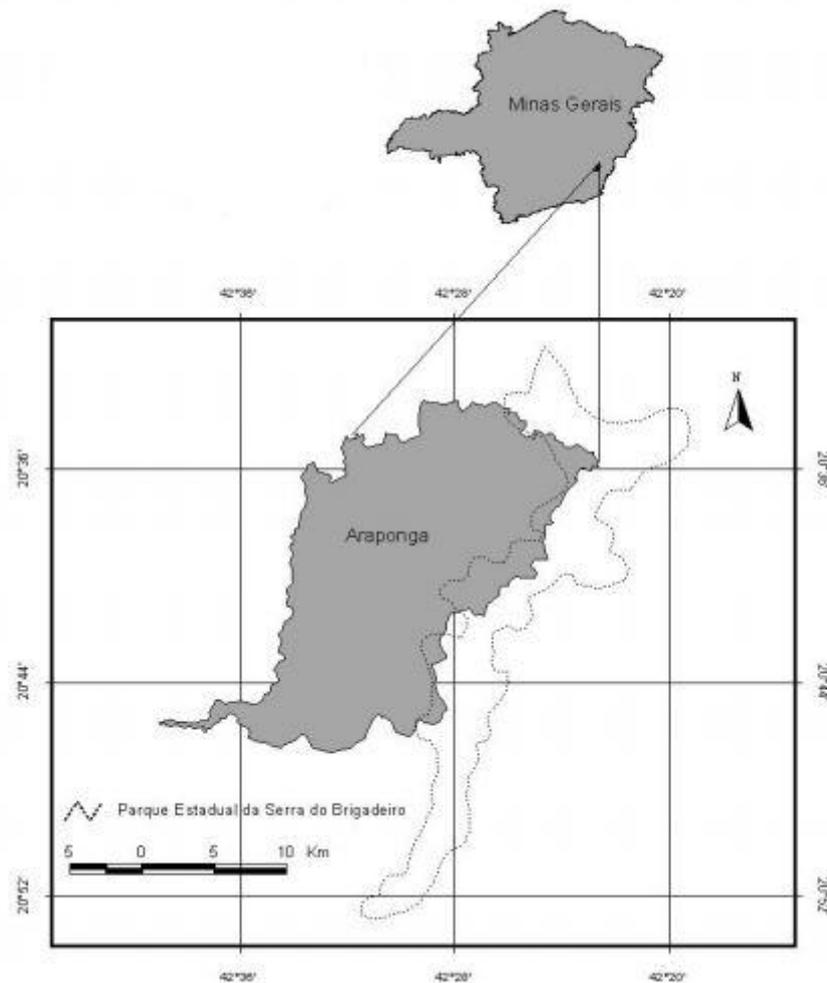


Figura 1. Localização do município de Araponga, MG e sua confrontação com o Parque Estadual da Serra do Brigadeiro. Fonte: adaptado de Fernandes, 2007.

2.2. Estoque de carbono em SAFs com café

O cálculo do estoque de carbono dos sistemas agroflorestais com café foi realizado considerando o carbono presente na biomassa arbórea e arbustiva (café e banana), acima do solo, destes sistemas.

Nos SAFs estudados é inviável a determinação do estoque de carbono de todas as árvores presentes a partir do método direto, ou destrutivo (corte das árvores), que envolve a cubagem direta de todos os indivíduos arbóreos. Diante disto, para todas as espécies arbóreas e bananeiras utilizou-se o método indireto a partir de equações alométricas. Apenas para efeito de comparação do método destrutivo e indireto para o componente arbóreo, foi realizado estudo pelo método destrutivo de apenas uma espécie arbórea presente nos sistemas, a capoeira branca (*Solanum mauriticum*). Já para a biomassa do café utilizou-se o método direto (destrutivo) e indireto.

2.2.1. Estoque de carbono da parte aérea das árvores em SAFs

Como não existem equações gerais de volume ou de biomassa para árvores em sistemas agroflorestais não homogêneos, como é o caso dos SAFs estudados, utilizaram-se neste estudo duas equações que se aproximam da realidade destes sistemas. Foram escolhidas duas equações pela possibilidade de posterior comparação entre elas e com vistas a encontrar um valor médio mais confiável, visto que não existe uma metodologia padrão para este tipo de cálculo.

Para o cálculo do estoque de carbono da parte aérea das árvores encontradas nos SAFs, foram utilizadas as equações desenvolvidas pela Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais (CETEC, 1995) e por Brianezzi (2012). Em ambas as equações, o estoque de carbono foi calculado para todas as árvores encontradas nos SAFs que possuíam Diâmetro à Altura do Peito (DAP) maior que 5 cm.

Equação do CETEC

A equação do CETEC (1995) é de volume, com coeficiente de correlação de 97,3% em relação ao método destrutivo. Esta equação foi desenvolvida para florestas secundárias e por isto foi selecionada já que os SAFs estudados apresentam, no geral, características semelhantes à de uma vegetação florestal em estágio inicial (capoeira) ou médio de sucessão. Estas características envolvem aspectos como diversidade de espécies, diâmetro médio e altura média das árvores. A equação do CETEC está apresentada a seguir:

$$VTCC=0,000074 \times DAP^{1,707348} \times Ht^{1,16873}$$

Em que:

VTCC = volume total com casca (m³);

Ht = Altura total em m;

DAP = diâmetro com casca medido em cm à 1,30 m de altura.

A biomassa presente no fuste e nos galhos de cada indivíduo foi obtida pela multiplicação do volume total com casca de cada árvore, pela densidade básica da espécie correspondente, conforme a equação:

$$Bi=di \times vi$$

Em que:

Bi = biomassa da madeira do fuste e de galhos do indivíduo da i-ésima espécie,

em kg;

di = densidade básica de madeira e casca da i-ésima espécie, em kg.m-3;

vi = volume mensurado com casca do fuste e dos galhos da árvore, pertencente à i-ésima espécie, em m³.

Os valores de densidade básica da madeira (TABELA 1) foram obtidos com base na tabela de densidade de espécies arbóreas do Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2003). Para as espécies em que não foi encontrado valor de densidade, adotou-se um valor médio por gênero. Para cinco espécies em que não foi encontrado nenhum valor de densidade nem a nível de gênero, foi feita uma média dos valores de densidade encontrados para as outras espécies.

Depois de calculados os valores de biomassa, o carbono estocado no fuste e galhos de cada indivíduo arbóreo foi obtido por:

$$Ci=Bi \times TCi$$

Em que:

Ci = carbono do fuste e de galhos do indivíduo da i-ésima espécie, em kg;

Bi = biomassa do fuste e de galhos do indivíduo da i-ésima espécie, em kg;

TCi = teor de carbono presente na i-ésima espécie

Foi adotado neste estudo, um teor médio de carbono para madeira e casca de 48% de biomassa seca (MCT, 2004).

Tabela 1. Densidade básica da madeira das espécies arbóreas encontradas nos SAFs com café em Araponga, MG.

Espécies	Densidade básica da madeira (g/cm³)	Espécies	Densidade básica da madeira (g/cm³)
<i>Carica papaya</i>	0,22	<i>Inga uruguensis</i>	0,62
<i>Schizolobium parahyba</i>	0,35	<i>Persea sp.</i>	0,62
<i>Alchornea gladiosa</i>	0,38	<i>Schinus terebinthifolius</i>	0,62
<i>Rollinia silvatica</i>	0,38	<i>Tibouchina granulosa</i>	0,64
<i>Cecropia pachystachya</i>	0,41	<i>Vismia brasiliensis</i>	0,64
<i>Eucaliptus sp.</i>	0,42	<i>Aegiphila sellowiana</i>	0,66
<i>Sapium glandulatum</i>	0,42	<i>Machaerium brasiliensis</i>	0,66
<i>Solanum sp.</i>	0,42	<i>Machaerium hirtum</i>	0,66
<i>Cecropia hololeuca</i>	0,43	<i>Myrciaria glazioviana</i>	0,66
<i>Annona cacans</i>	0,46	<i>Myrciaria tenella</i>	0,66
<i>Allophylus semidentatus</i>	0,47	<i>Rapanea ferruginea</i>	0,69
<i>Jacaranda macranta</i>	0,48	<i>Psidium guajava</i>	0,71
<i>Alchornea iricurana</i>	0,51	<i>Piptadenia gonoacantha</i>	0,72
<i>Cabralea canjerana</i>	0,53	<i>Machaerium nyctitans</i>	0,73
<i>Cabralea canjerana</i>	0,53	<i>Machaerium sp.</i>	0,73
<i>Croton urucurana</i>	0,53	<i>Machaerium stipitatum</i>	0,73
<i>Vanillosmopsis erythropappa</i>	0,55	<i>Colubrina glandulosa</i>	0,74
<i>Sclerobium paniculatum</i>	0,56	<i>Eugenia sonderiana</i>	0,75
<i>Senna macranthera</i>	0,56	<i>Prunus persicum</i>	0,75
<i>Aloysia virgata</i>	0,57	<i>Tabebuia chrysotricha</i>	0,75
<i>Citrus aurantifolia</i>	0,57	<i>Alibertia edulis</i>	0,76
<i>Dalbergia nigra</i>	0,57	<i>Matayba eleaginoides</i>	0,77
<i>Dicksonia sellowiana</i>	0,57	<i>Andira sp.</i>	0,78
<i>Indeterminada</i>	0,57	<i>Maclura tinctoria</i>	0,79
<i>Morto</i>	0,57	<i>Dalbergia nigra</i>	0,81
<i>Syagrus romanzoffiana</i>	0,57	<i>Plathypodium elegans</i>	0,81
<i>Vernonia polyanthes</i>	0,57	<i>Myrcia guajavaefolia</i>	0,82
<i>Zanthoxylum rhoifolium</i>	0,57	<i>Vitex montevidensis</i>	0,84
<i>Nectandra rígida</i>	0,58	<i>Bowdichia virgilioides</i>	0,91
<i>Guatteria nigrescens</i>	0,59	<i>Manilkara salzmännii</i>	1,03

Fonte: Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2003).

Equação de Brianezzi

A equação de Brianezzi (2012) foi desenvolvida para estimar a estocagem de carbono pela arborização do campus-sede da Universidade Federal de Viçosa e possui coeficiente de correlação de 82,67 % em relação ao método destrutivo.

Esta equação foi escolhida devido às semelhanças encontradas entre as duas realidades, pois tanto no campus da Universidade, quanto nos SAFs, são observadas situações muito heterogêneas que vão desde a ocorrência de bosques com o dossel bem fechado, até a presença de árvores isoladas ou em situação característica de fragmentos em estágio inicial, ou capoeira. A Equação de Brianezzi está apresentada a seguir.

$$\text{Ln}C(\text{biomassa}) = -0,906586 + 1,604213 \times \text{LnDAP} + 0,3716253 \times \text{LnHt}$$

Onde:

Ln= Logarítmo neperiano;

C= carbono em kg;

Ht = Altura total em metros

DAP = diâmetro com casca medido em cm à 1,30 m de altura.

De posse dos valores de biomassa, o carbono estocado no fuste e galhos de cada indivíduo arbóreo foi obtido por:

$$C_i = B_i \times TC_i$$

Em que:

C_i = carbono do fuste e de galhos do indivíduo da *i*-ésima espécie, em kg;

B_i = biomassa do fuste e de galhos do indivíduo da *i*-ésima espécie, em kg;

TC_i = teor de carbono presente na *i*-ésima espécie

Foi adotado neste estudo, um teor médio de carbono para madeira e casca de 48% de biomassa seca (MCT, 2004).

2.2.2. Estoque de carbono nas bananeiras

Para calcular o estoque de carbono das bananeiras encontradas nos SAFs foi utilizada a seguinte equação de biomassa para bananeiras desenvolvida por Van Noordwijk et al. (2002) em sistemas agroflorestais na Indonésia:

$$Bi=0,030 \times DAP (2,13)$$

Em que:

Bi= biomassa do pseudocaule e folhas, em kg

DAP= diâmetro à altura do peito (medido a 1,30m do solo)

Desta forma, a quantidade de carbono na biomassa de cada indivíduo foi obtida por:

$$Ci=Bi \times 0,50$$

Em que:

Ci = carbono do pseudocaule e folhas, em kg;

Bi = biomassa

0,50 = valor padrão do IPCC (2005) para fração de carbono

2.2.3. Estoque de carbono na parte aérea das plantas de café

A quantificação do estoque de carbono na parte aérea das plantas de café foi feita utilizando dois métodos diferentes, visando uma posterior comparação dos resultados e a possibilidade de encontrar um valor médio. Os métodos utilizados foram a cubagem direta e a utilização de uma equação de biomassa para café sombreado (*Coffea arábica*).

a) Método da cubagem direta

Este método possibilitou encontrar um valor médio de estoque de carbono na parte aérea de um pé de café, a partir da cubagem direta de três plantas de café em campo. O valor médio encontrado foi multiplicado pelo número de plantas de café contidos em cada SAF. Isto possibilitou encontrar o estoque de carbono total dos cafeeiros em cada uma destas áreas.

O método da cubagem direta seguiu as seguintes etapas, descritas posteriormente: cubagem direta de três plantas de café em campo; cálculo da biomassa seca das plantas cubadas; avaliação do teor de carbono do café; cálculo do estoque de carbono médio da planta de café e; cálculo do estoque de carbono contido na parte aérea dos cafeeiros em SAF.

- Cubagem direta de três indivíduos em campo

Foram escolhidos para a cubagem rigorosa três plantas de café localizadas na mesma propriedade em que se localizam os SAF_{R1}, SAF_{R2} e SAF_{R3} (altitude entre 1.060 e 1.090 metros). Os indivíduos cubados foram selecionados pelo próprio agricultor, de forma que não comprometesse sua lavoura. Os cafés tinham uma idade de 20 anos e já haviam sido recepados duas vezes. Cada pé de café foi cortado ao nível do solo (FIGURA 2) e separado manualmente em tronco, galhos e folhas (FIGURA 3). Tiveram também suas alturas totais medidas, assim como os diâmetros à altura do solo, à 1m de altura e à 10 cm do ápice.

Todos os galhos, folhas e fuste dos três indivíduos de café foram pesados ainda frescos no campo. Em seguida, foram coletadas amostras de galhos, folhas e fuste de cada um deles para determinação do peso seco das amostras após completa secagem em estufa de circulação forçada de ar.



Figura 2. Corte ao nível do solo das plantas de café, em Araponga, MG.



Figura 3. A- separação manual dos galhos, folhas e fuste das plantas de café cubadas. B, C e D- pesagem em campo da biomassa fresca de galhos, folhas e fuste dos cafés cubados, no município de Araponga, MG.

- Cálculo da biomassa seca das plantas de café

De posse dos valores de massa fresca total, massa fresca e seca de amostras de galhos, folhas e fuste de cada uma dos três indivíduos de café, a biomassa seca total das folhas, galhos e fuste de cada indivíduo foi encontrada por meio do método da

proporcionalidade (SOARES et al., 2006). Para isso, utilizou-se a seguinte fórmula, que foi aplicada separadamente para cada componente (galhos, folhas e fuste):

$$MS(c) = \frac{Mu(c) \times Ms(a)}{Mu(a)}$$

Em que:

MS (c) = Massa de matéria seca total de cada compartimento no campo em kg;

Mu (c) = Massa de matéria úmida total no campo em kg.

Ms (a) = Massa de matéria seca das amostras em kg;

Mu (a) = Massa de matéria úmida das amostras em kg; e

De posse dos valores de biomassa seca total de folhas, galhos e fuste de cada uma das plantas cubadas, foi calculado um valor médio de biomassa seca para folhas, galhos e fuste, considerando os valores obtidos com os três indivíduos de café. Em seguida os valores médios de folhas, galhos e fuste foram somados, representando um valor médio de biomassa seca para o café.

- Avaliação do teor de Carbono do Café

Para obter o teor de carbono total do café, foram utilizadas as mesmas amostras de galhos, folhas e fuste coletadas para a determinação da biomassa seca dos cafés. Estes materiais, após completa secagem em estufa de circulação forçada de ar e pesagem, foram moídos em um moinho tipo Willey, marca Thomas Scientific. Deste material foram retiradas amostras de 1g para serem analisadas no Laboratório de Solos Florestais da Universidade Federal de Viçosa.

Cada amostra de 1g foi colocada em um cadinho de porcelana sem tampa, levado à mufla, modelo Linn Elektro Therm, na temperatura de 550°C, por três horas até completa calcinação da amostra. A amostra foi retirada da mufla e resfriada em dessecador para posterior pesagem em balança com precisão de 0,0001g, modelo MARK 210A. O teor de carbono foi calculado pela seguinte equação:

$$CT = \left(\frac{MS}{Mr} \right) \times 100$$

Em que:

CT = Teor de carbono em %;

Ms = massa do resíduo da amostra seca após calcinação em gramas; e

Mr = massa da amostra seca em gramas.

Desta forma, foi encontrado um teor de carbono médio para folhas, galhos e fuste, assim como um teor de carbono médio total para o café.

- Cálculo do estoque de carbono médio da planta de café

De posse dos valores de biomassa seca e teores de carbono, calculou-se o estoque de carbono médio de cada planta de café, a partir da seguinte equação:

$$CT = (Bfu \times TCfu) + (Bf \times TCf) + (Bg \times TCg)$$

Em que:

CT= carbono total da i-ésima espécie (fuste, galhos e folhas), em kg;

Bfu = biomassa seca média dos fustes dos três indivíduos, em kg;

TCfu= teor de carbono médio dos fustes

Bf = biomassa seca média das folhas dos três indivíduos, em kg;

TCfu= teor de carbono médio das folhas

Bg = biomassa seca média dos galhos dos três indivíduos, em kg;

TCg= teor de carbono médio dos galhos

O estoque de carbono em cada SAF foi calculado pela multiplicação do estoque médio encontrado para a planta de café, pelo número de cafeeiros presentes em cada um dos SAFs. Ressalta-se que o número de pés plantas de café em cada um dos SAFs foi revelado pelos próprios agricultores. Este valor foi posteriormente extrapolado para hectare.

b) Método da equação alométrica:

O cálculo do estoque de carbono nas plantas de café foi realizado a partir da equação de biomassa para café sombreado desenvolvida por Segura et al. (2006) em sistemas agroflorestais com café na Nicarágua:

$$Biomassa = \exp(-2,719 + 1,991(\ln(DAP))) \times (\log_{10}DAP)$$

Em que:

Biomassa= biomassa da planta de café em kg

exp= função exponencial

ln= logaritmo natural

log₁₀=logaritmo de base 10

DAP= diâmetro à altura do peito (medido a 1,30m do solo)

O diâmetro à altura do peito (DAP) e a altura dos indivíduos de café foram medidos em plantas de café presentes nos SAFs. Para isto, foram alocadas parcelas em cada um dos SAFs, visando extrapolar os valores encontrados nas parcelas para o número total de indivíduos do sistema. As parcelas tiveram dimensões de 10m de comprimento por 15m de largura (150 m²) e foram lançadas de modo aleatório, respeitando as curvas de nível do terreno. A definição do número de parcelas em cada um dos SAFs foi proporcional à sua área total (TABELA 2) e representou em torno de 5% da área total de cada uma destes sistemas.

Tabela 2. Número de parcelas e área total das parcelas lançadas em cada um dos SAFs estudados.

SAF	Área total do SAF (m ²)	Número de parcelas	Área total parcelas (m ²)
SAF _P	3500	2	300
SAF _{R1}	7200	3	450
SAF _{R2}	2500	1	150
SAF _{R3}	2300	1	150

Após o cálculo da biomassa por parcela, o valor do estoque de carbono das plantas de café em cada parcela foi obtido pela multiplicação do valor da biomassa encontrada, pelo teor de carbono médio encontrado para o café neste estudo. Após, o valor de carbono encontrado para os indivíduos contidos nas parcelas foi extrapolado para o número total de indivíduos em cada um dos SAFs.

2.2.4. Estudo de caso: espécie *Solanum mauriaticum* (capoeira branca)

Como forma de testar a eficiência das equações de volume e biomassa utilizadas neste estudo para o cálculo do estoque de carbono das espécies arbóreas encontradas nos SAFs, foi realizada a cubagem rigorosa de indivíduos da espécie *Solanum sp.* (capoeira branca). Isto foi feito para que pudesse ser realizada uma posterior comparação dos resultados obtidos com a cubagem com os resultados obtidos com a utilização das equações.

Esta espécie foi escolhida, pois, além de ser bastante utilizada pelos agricultores da região nos SAFs com café, cinco indivíduos desta espécie foram derrubados pelo vento em uma forte tempestade que ocorreu no município de Araponga. Este fato viabilizou a cubagem direta em campo destes indivíduos.

A biomassa de cada uma das capoeiras brancas foi separada manualmente com a utilização de uma motosserra, em tronco, galhos e folhas. Cada um destes componentes teve sua biomassa fresca determinada em campo, com a utilização de uma balança. Em seguida, foram coletadas amostras de galhos, folhas e fuste de cada um dos cinco indivíduos para a determinação do peso seco das amostras em laboratório, após completa secagem em estufa de circulação forçada de ar.

De posse dos valores de massa fresca total, massa fresca e seca das amostras de galhos, folhas e fuste de cada um dos indivíduos, a biomassa seca total de cada indivíduo foi obtida por meio do método da proporcionalidade (SOARES et al., 2006). Para isso, utilizou-se a seguinte fórmula:

$$MS(c) = \frac{Mu(c) \times Ms(a)}{Mu(a)}$$

Em que:

MS (c) = Massa de matéria seca total no campo em kg;

Ms (a) = Massa de matéria seca das amostras em kg;

Mu (a) = Massa de matéria úmida das amostras em kg; e

Mu (c) = Massa de matéria úmida total no campo em kg.

De posse dos valores de biomassa seca para cada um dos indivíduos, o estoque de carbono foi obtido por:

$$Ci = Bi \times TCi$$

Em que:

Ci = carbono do fuste e de galhos do indivíduo da i-ésima espécie, em kg;

Bi = biomassa do fuste e de galhos do indivíduo da i-ésima espécie, em kg;

TC i = teor de carbono presente na i-ésima espécie

Foi adotado neste estudo, um teor médio de carbono de 48% de biomassa seca (MCT, 2004).

Depois de encontrado o estoque de carbono para cada um dos indivíduos cubados, estes valores foram comparados com os obtidos a partir das equações do CETEC (1995) e Brianezzi (2012) para os indivíduos desta espécie encontrados nos quatro SAFs avaliados.

2.2.5. Estoque de carbono total acima do solo dos componentes arbóreo e arbustivo dos SAFs com café

Para realizar o cálculo do estoque total médio de carbono da biomassa aérea arbórea e arbustiva (café e banana) dos SAFs, foi realizada uma média entre os métodos utilizados para cada um dos componentes estudados. Após, estes valores foram somados, o que possibilitou encontrar um valor médio de estoque de carbono em toneladas por hectare que incluiu estes três componentes, árvores, café e banana.

3. RESULTADOS

3.1. Estoque de carbono da parte aérea das árvores em SAFs

As medidas de DAP e altura total de todos os indivíduos arbóreos encontrados em cada uma dos SAFs possibilitou encontrar os valores de biomassa de cada indivíduo arbóreo (ANEXO I) encontrado nos sistemas, a partir das equações de Brianezzi e CETEC. Com estes dados foi calculado o DAP médio e a altura total média dos indivíduos arbóreos de cada SAF, assim como a biomassa total em toneladas por hectare de cada sistema. Os valores médios de DAP variaram entre os SAFs de 15,5 a 25,4 cm, com valor médio total desta medida de 19,1 cm. Já as alturas totais médias tiveram variação de 8,6 a 14,4 m entre as áreas, apresentando uma média geral de 12m. (TABELA 3).

A biomassa total em toneladas por hectare calculada para os quatro SAFs (TABELA 3) atingiu valores totais médios maiores ao se utilizar a equação do CETEC. Adotando-se esta equação, os SAFs apresentaram uma biomassa total média de 44,44 toneladas por hectare e pela equação de Brianezzi este valor total foi de 33,03 toneladas por hectare. Individualmente, o SAF_{R3} foi o sistema que apresentou os maiores valores de biomassa total, tanto ao utilizar a equação de Brianezzi (56,11 toneladas/hectare) quanto ao utilizar a equação do CETEC (84,19 toneladas/hectare) e o SAF_{R2} os menores valores, apresentando 13,37 toneladas/hectare com a utilização da equação de Brianezzi e 14,17 toneladas/hectare utilizando a equação do CETEC (TABELA 3).

Tabela 3. Número de indivíduos arbóreos, número de indivíduos arbóreos por hectare, DAP médio, altura total média e biomassa em toneladas por hectare obtida a partir da equação do CETEC e da equação de Brianezzi.

SAF	Número de indivíduos arbóreos	Número de indivíduos arbóreos por hectare	DAP médio (cm)	Altura total média (m)	Biomassa total (ton/ha) Brianezzi, 2012	Biomassa total (ton/ha) CETEC, 1995
SAF _P	115	329	15,5	8,6	38,43	42,82
SAF _{R1}	99	138	16,1	12,4	24,23	36,57
SAF _{R2}	22	88	19,4	12,5	13,37	14,17
SAF _{R3}	44	191	25,4	14,4	56,11	84,19
TOTAL	280	180	-----	-----	-----	-----
MÉDIA	70	187	19,1	12,0	33,03	44,44

Quando se avaliou o estoque de carbono contido na biomassa arbórea de cada SAF a partir das duas equações testadas (TABELA 4), notou-se que o SAF_{R3} é o sistema que, no momento, apresenta valores mais elevados (entre 26,93 e 40,41 ton/ha), seguido pelo SAF_P, SAF_{R1} e SAF_{R2}. Além disso, encontrou-se um valor médio total de carbono estocado nas árvores que compõem os quatro SAFs com café, considerando as duas equações testadas para as árvores dos SAFs, de 18,60 toneladas de carbono por hectare.

Ressalta-se que o SAF_P apresentou 329 indivíduos arbóreos por hectare enquanto o SAF_{R3} 191 (TABELA 3). No entanto, mesmo assim, este apresentou maior estoque de carbono por unidade de área. O SAF_{R3}, apesar de apresentar menos indivíduos por hectare, possui um espaçamento maior entre as árvores e, por isso, contém mais árvores com diâmetros e alturas totais maiores do que no SAF_P (TABELA 3), onde existem muitos indivíduos que, no entanto, estão mais agregados e possuem, em geral, diâmetro e altura totais menores.

Tabela 4. Estoque de carbono encontrado a partir da utilização da equação de volume do CETEC (1995) e da equação de biomassa de Brianezzi (2012) para as árvores em sistemas agroflorestais com café no município de Araçuaia, MG.

SAF	Estoque de carbono (ton/ha)	
	Equação de Brianezzi	Equação do CETEC
SAF _P	18,45	20,55
SAF _{R1}	11,63	17,56
SAF _{R2}	6,42	6,8
SAF _{R3}	26,93	40,41
TOTAL	14,6	19,89
Média/SAFs	15,86	21,33
Média Geral	18,60	

Ao se comparar o estoque de carbono encontrado na biomassa arbórea pelas equações do CETEC e de Brianezzi, notou-se que, em todos os SAFs estudados, os valores totais e médios encontrados ao se utilizar o modelo de Brianezzi foram inferiores aos valores encontrados pela equação do CETEC (TABELA 4). Já ao analisar a espécie *Solanum mauriaticum* (capoeira branca) individualmente, a equação de Brianezzi apresentou valores superiores (TABELA 5).

Ao considerar a biomassa média (0,05 toneladas) e estoque de carbono médio (0,024 toneladas) encontrados para os indivíduos da espécie *Solanum mauriaticum*, a partir da cubagem rigorosa (TABELA 5), notou-se que os valores encontrados foram inferiores aos obtidos para os indivíduos desta mesma espécie ao se utilizar as equações de Brianezzi e do CETEC (TABELA 5). Neste caso, percebeu-se ainda que a equação do CETEC forneceu valores muito próximos dos obtidos pela cubagem rigorosa dos cinco indivíduos desta espécie. Considerando a média entre os valores de biomassa e estoque de carbono obtida com as três metodologias, obteve-se uma biomassa média de 0,06 toneladas e um estoque de carbono por indivíduos desta espécie, em diferentes idades, de 0,030 toneladas (TABELA 5).

Tabela 5. Biomassa e estoque de carbono médio estocado por indivíduos da espécie *Solanum sp* de diferentes idades, a partir de 3 metodologias.

<i>Solanum sp.</i>	Método	Biomassa média (ton)	Média de carbono estocado (ton)
5 indivíduos	cubagem direta	0,050	0,024
37 indivíduos	Brianezzi, 2012	0,082	0,039
(SAFs deste estudo)	CETEC, 1995	0,059	0,028
	Média	0,06	0,030

3.2. Estoque de carbono nas bananeiras

O estoque total médio de carbono encontrado na biomassa aérea das bananeiras presentes nos quatro SAFs estudados, a partir de equação alométrica, foi de 0,11 toneladas (TABELA 6). Considerando os quatro sistemas, este valor representa uma média de 0,10 toneladas por hectare. O SAF_{R2} é o sistema com maior número de pseudocaulis de bananeiras (180) e que estoca mais carbono neste componente, atualmente com 0,08 toneladas de carbono que representam 0,30 toneladas de carbono por hectare.

Tabela 6. Estoque de carbono das bananeiras contidas em SAFs com café no município de Araponga, MG, calculado a partir de equação alométrica.

SAF	Numero total de pseudocaulis	Estoque de carbono (ton)	Estoque de carbono (ton/ha)
SAF _P	57	0,02	0,07
SAF _{R1}	10	0,005	0,01
SAF _{R2}	180	0,08	0,30
SAF _{R3}	13	0,01	0,03
TOTAL	260	-----	-----
MÉDIA	65	0,03	0,10

3.3. Estoque de carbono na parte aérea dos pés de café em SAFs

a) Método da cubagem direta

A partir dos valores de massa fresca total de cada um dos três pés de café cubados (TABELA 7) (que variaram de 4,99 kg até 15,51 kg), dos valores médios de biomassa seca (TABELA 8) (0,687 kg para folhas; 2,219 kg para fuste e 2,583 kg para galhos) e do teor de carbono dos galhos (53,03%), folhas (51,37%) e fuste (54,28%) do café (TABELA 9), encontrados neste estudo, chegou-se a um valor de estoque de carbono para cada pé de café de 2,93 kg, o que equivale a 0,00293 toneladas.

De posse deste valor, encontrou-se o estoque de carbono total contido nas plantas de café dos quatro SAFs (8,70 toneladas/hectare) e o estoque de carbono médio (9,19 toneladas/hectare) por SAF (TABELA 10). Adotando-se este método, percebeu-se que o SAF_{R2} é o sistema, que no momento, tem o maior potencial de estoque de carbono na biomassa aérea dos pés de café (11,72 toneladas/hectare), seguido do SAF_{R3} (10,19 toneladas por hectare).

Tabela 7. Altura, diâmetro e massa fresca total de galhos, folhas e fuste de cada um dos três pés de café cubados, no município de Araçuaia, MG.

Características dos pés de café	Café 1	Café 2	Café 3
Altura Total (m)	2,39	3,31	3,37
Diâmetro à altura do solo (cm)	7,01	8,34	7,64
Massa fresca (kg)			
Galhos	2,37	7,83	5,32
Folhas	0,88	2,02	1,86
Fuste	1,74	5,66	4,83
Total	4,99	15,51	12,01

Tabela 8. Biomassa seca dos galhos, folhas e fuste de cada um dos três pés de café cubados, no município de Araponga, MG.

Biomassa seca (kg)	Café 1	Café 2	Café 3	Média
Folhas	0,402	0,899	0,761	0,687
Fuste	0,957	3,100	2,601	2,219
Galhos	1,195	4,140	2,413	2,583
Total	2,554	8,139	5,774	5,489

Tabela 9. Teor de carbono médio e total de galhos, folhas e fuste dos pés de café cubados, no município de Araponga, MG.

Teor de carbono (%)	Café 1	Café 2	Café 3	Média
Galhos	52,9	52,9	53,3	53,03
Folhas	51,2	51,4	51,5	51,37
Fuste	53,8	54,4	54,6	54,28
Teor de carbono médio Total				52,89

Tabela 10. Estoque de carbono dos pés de café contidos em SAFs com café no município de Araponga, MG, calculado pelo método da cubagem.

SAF	Área SAFs (ha)	Número de indivíduos	Numero de indivíduos/ha	Estoque de carbono (ton)	Estoque de carbono (ton/ha)
SAF_P	0,35	800	2286	2,34	6,70
SAF_{R1}	0,72	2000	2778	5,86	8,14
SAF_{R2}	0,25	1000	4000	2,93	11,72
SAF_{R3}	0,23	800	3478	2,34	10,19
Total	1,55	4600	2968	13,48	8,70
Média	-----	-----	3135	3,37	9,19

b) Método da equação alométrica

Aplicando-se o método da equação alométrica, o sistema que obteve maiores estoques de carbono na biomassa aérea das plantas de café foi o SAF_P (7,62 toneladas/hectare) (TABELA 11). Este fato pode ser explicado por ser o sistema que, apesar de não possuir o maior número de plantas de café (800 indivíduos) (TABELA 10), foi o que apresentou indivíduos com maiores valores de DAP (DAP médio de 8,62 cm)

(TABELA 11), que foi a medida utilizada na equação de cálculo da biomassa para esta espécie.

O SAF_{R2} destacou-se por ser o segundo sistema com maior potencial de estoque de carbono (4,77 toneladas / hectare), o que é explicado pelo maior adensamento dos indivíduos nesta área (4000 indivíduos por hectare) quando comparado aos outros sistemas (TABELA 10).

Nota-se também que o SAF_{R3}, apesar de ser um sistema onde o café está bem adensado (3478 indivíduos por hectare) (TABELA 10), foi o sistema que apresentou menor potencial de estoque de carbono nos pés de café (1,97 toneladas / hectare). É também o sistema onde os cafeeiros apresentam menores valores de DAP (DAP médio de 4,38 cm) e os maiores valores de altura total média (2,86 metros).

Utilizando-se a equação alométrica para café sombreado, encontrou-se, com exceção do SAF_P cujos valores obtidos com o método da equação (7,62 toneladas /ha) foram superiores aos da cubagem (6,70 toneladas por hectare), valores de estoque de carbono bem menores (TABELA 11) do que os obtidos com a utilização do método da cubagem (TABELA 10). A partir da equação, o estoque de carbono total calculado para a biomassa arbórea dos pés de café contidos nos quatro sistemas foi de 4,29 toneladas de carbono por hectare (TABELA 11).

Tabela 11. Estoque de carbono dos pés de café contidos em SAFs com café no município de Araponga, MG, calculado a partir de equação alométrica para café sombreado.

SAF	Numero total indivíduos nas parcelas	DAP médio/ parcelas	HT média/ parcelas	Estoque de carbono (ton)/parcela	Estoque de carbono (ton)/SAF	Estoque de carbono (ton/ha)
SAF _P	67	8,62	1,31	0,22	2,67	7,62
SAF _{R1}	171	5,59	1,24	0,20	2,33	3,24
SAF _{R2}	50	5,59	1,33	0,06	1,19	4,77
SAF _{R3}	70	4,38	2,86	0,04	0,45	1,97
TOTAL	358	-	-	0,52	6,64	4,29
MÉDIA	89,5	6,05	1,68	0,13	1,66	4,40

3.4. Estoque de carbono total acima do solo dos componentes arbóreo e arbustivo de SAFs com café

O estoque total de carbono encontrado na biomassa aérea das árvores (18,60 toneladas por hectare), do café (6,90 toneladas por hectare) e das bananeiras (0,1 toneladas por hectare) presentes nos quatro SAFs estudados, considerando a média obtida pela utilização das diferentes metodologias, foi de 26,11 toneladas de carbono por hectare (TABELA 12).

Tabela 12. Médias do estoque de carbono acima do solo encontrado a partir de equações alométricas e geral nos componentes arbóreo e arbustivo de sistemas agroflorestais com café em Araponga, Zona da Mata, MG.

	Estoque de carbono acima do solo (ton/ha)	
	Média/método	Geral
Árvores		
Equação Volume CETEC, 1995	15,86	18,60
Equação Biomassa Brianezzi, 2012	21,33	
Café		
Cubagem	9,19	6,80
Equação alométrica	4,40	
Banana		
Equação alométrica	0,1	0,1
TOTAL		25,5

4. DISCUSSÃO

Os valores de estoque de carbono encontrados neste estudo para a biomassa arbórea dos SAFs, obtidos tanto pela equação do CETEC (15,86 ton/hectare) quanto pela equação de Brianezzi (21,33 ton/hectare), são superiores aos 10,81 ton/hectare encontrados por Ribeiro (2007) ao estudar o estoque de carbono na biomassa arbórea sem casca em áreas de capoeira na região de Viçosa. Considerando que a casca corresponde em média a 21,8% (Watzlawick et al., 2002) da biomassa total de uma árvore, os valores encontrados por Ribeiro (2007) poderiam chegar a uma média de estoque de carbono de 13,82 ton/hectare. Mesmo assim, continuam sendo inferiores aos valores encontrados nos SAFs.

Para o cálculo do estoque de carbono na biomassa das plantas de café a partir do método da cubagem, nota-se que o maior estoque obtido no SAF_{R2}, se justifica pelo maior adensamento do café nesta área, visto que neste método não foi considerada nenhuma medida direta dos pés de café, como DAP ou altura, e o carbono foi calculado com base no número de indivíduos por SAF. Já quando se utilizou o método da equação alométrica, que considera a medida de DAP como referência para os cálculos, percebeu-se que apesar de o SAF_{R3} ser um sistema onde o café está bem adensado (3478 indivíduos por hectare), este foi o que apresentou menor potencial de estoque de carbono nos pés de café (1,97 toneladas por hectare). Neste caso, isto se justifica pois este SAF foi o sistema onde os cafeeiros apresentaram menores valores de DAP (DAP médio de 4,38 cm). Cabe ressaltar que diferentemente do café das outras áreas que já foram recepados pelo menos duas vezes, os cafeeiros do SAF_{R3} foram recepados pela primeira vez no fim do ano passado, aos 17 anos de idade, logo após a coleta dos dados desta pesquisa. Isto fez com que os cafeeiros deste SAF apesar de apresentarem os menores valores de DAP médio, obtivessem maiores valores de altura total média (2,86 m), medida que não é considerada na equação e que se fosse, poderia elevar o estoque de carbono nas plantas de café deste SAF. Por ser uma cultura perene e que aceita poda

drástica, o manejo dos cafezais é muito dinâmico (VALLE FILHO, 2008) e o estoque de carbono dependerá então do estágio de desenvolvimento em que se encontra a cultura.

O estoque total médio de carbono encontrado na biomassa aérea dos componentes arbóreo e arbustivo (incluindo além das árvores com DAP maior que 5 cm, as plantas de café e banana) dos SAFs com café de Araponga foi de 25,5 toneladas por hectare, valor próximo às 32 toneladas por hectare encontradas por Froufe et al. (2011) para a biomassa aérea de SAFs multiestrato em região de Mata Atlântica.

Este total de carbono na vegetação está subestimado, pois devem ser considerados outros tipos de depósito de carbono no sistema para avaliar o potencial total de estoque de carbono nos SAFs. Ao assumir que a biomassa presente nas raízes corresponde a 24% da biomassa do fuste (GOLLEY et al., 1978), e que esta biomassa possui um teor médio de carbono de 0,4854 g/g (AMARO, 2010), obter-se-ia um estoque médio de carbono nas raízes das árvores e arbustos dos SAFs de 6,03 toneladas por hectare, o que eleva o estoque de carbono dos sistemas para 31,53 toneladas por hectare (incluindo raízes e biomassa aérea).

Se considerar também o carbono estocado na vegetação espontânea e serrapilheira e no solo destes sistemas, o estoque total de carbono aumenta ainda mais. Froufe et al. (2011) encontraram 0,011 toneladas de carbono por hectare na vegetação espontânea, 4,41 toneladas por hectare na serrapilheira e 38,6 toneladas por hectare no solo. Somando todos estes valores, o valor de estoque de carbono nos SAFs com café da Zona da Mata poderia atingir em média 74,55 toneladas de carbono por hectare.

Dixon (1995) ao estimar o sequestro de carbono global de SAFs, avaliou SAFs em mais de 50 países em diferentes ecorregiões e concluiu que estes sistemas podem estocar entre 12 e 228 toneladas de carbono por hectare (incluindo carbono abaixo e acima do solo), apresentando como média mundial o valor de 95 toneladas de carbono por hectare. O autor concluiu ainda que o maior potencial para acumulação de carbono por meio da biomassa está nos trópicos úmidos. Schroeder (1993) estimou um valor de 63 toneladas de carbono por hectare para SAFs em ecorregiões temperadas e Froufe et al. (2011) encontraram 75,7 toneladas de carbono por hectare em SAFs na região do Alto Vale da Ribeira, SP, considerando os mesmos compartimentos estimados nesta

pesquisa, com exceção das raízes e utilizando um teor de carbono na biomassa aérea de 45%, valor um pouco menor do que o adotado neste estudo (48%).

A partir dos valores alcançados de estoque de carbono, reforça-se o grande potencial dos SAFs em estocar carbono, principalmente quando se compara o estoque destes sistemas com outros usos da terra tradicionais na região da Zona da Mata como as pastagens e o cultivo de café solteiro (monocultivo, sem a presença de árvores). Ao simular uma situação de cultivo de café solteiro, utilizando os dados de biomassa coletados nesta pesquisa para a cultura do café e os valores de referência de estoque de carbono nas raízes, solo, vegetação espontânea e serapilheira adotados para os cálculos de estoque de carbono total nos SAFs, obter-se-ia um estoque de carbono médio de 51,3 toneladas de carbono por hectare. Neste caso nota-se que a presença das árvores e bananeira no café, em SAFs, contribui com um incremento médio de carbono de aproximadamente 23 toneladas por hectare em relação ao café solteiro.

Já em relação às pastagens, este incremento é ainda superior. Froufe et al.(2011), ao contabilizar o estoque de carbono total de pastagens em diferentes níveis de degradação, incluindo vegetação herbáceo-arbustiva, serapilheira e solo, obteve um estoque de carbono total médio em pastagens, de 36 toneladas de carbono por hectare. Neste caso o café solteiro em relação às pastagens apresenta um incremento de carbono em torno de 16 toneladas por hectare e os SAFs um incremento em torno de 39 toneladas de carbono por hectare.

Entretanto, no balanço final total de carbono estocado é preciso também considerar as emissões de carbono. Cerri (2012) contabilizou a emissão de gases de efeito estufa na cafeicultura, levando em consideração a emissão que acontece ao longo de todo o processo produtivo do café, do plantio, passando pelo manejo, colheita, transporte até secagem e beneficiamento. Em sua pesquisa, concluiu que o uso de fertilizantes é a principal causa de emissão de gases de efeito estufa nesta cultura, sendo responsável, na Zona da Mata de Minas Gerais, por 78% do total de emissões. Os resultados, divulgados por Cerri (2012), em toneladas de CO₂ equivalente corresponderam, na Zona da Mata, a uma emissão de 2,83 toneladas por hectare.

Para avaliar o balanço de emissões dos SAFs com café, o estoque de carbono total médio estimado para os SAFs neste estudo, de 74,55 toneladas por hectare, foi convertido para toneladas de CO₂ equivalente, principal medida do serviço ecossistêmico de sequestro e estocagem de carbono utilizada nas negociações dos

mercados de créditos de carbono. Para esta conversão utilizou-se o fator 3,667 (IPCC, 2005) e obteve-se o valor de estoque de carbono nos SAFs de 273,4 toneladas por hectare de CO₂ equivalente.

Cabe ressaltar que o estudo de Cerri (2012) foi feito considerando a cafeicultura convencional, onde a utilização de fertilizantes é superior à utilizada nos SAFs com café, conforme Souza et al. (2012) e relatado pelos próprios agricultores participantes desta pesquisa. No entanto, ao considerar os resultados de emissão de CO₂ equivalente obtidos por Cerri (2012) e os dados de estoque de CO₂ equivalente do presente estudo, obteve-se um saldo positivo nos SAFs com café de 270,5 toneladas de CO₂ equivalente, o que corresponde a 73,78 toneladas de carbono por hectare.

Tendo em vista o estoque de carbono acima do solo presente na biomassa arbórea encontrado neste estudo (18,60 ton C/ha) e o número médio de indivíduos arbóreos encontrados nos SAFs (187 indivíduos por hectare), pode-se afirmar que em média, cada árvore presente no SAF estoca 0,10 toneladas de carbono em sua biomassa arbórea. Considerando ainda as emissões do processo produtivo do café obtidas por Cerri (2012) (2,83 ton C/ha), pode-se afirmar que a incorporação de 29 árvores por hectare na cultura do café já tornariam esta atividade neutra em emissões de carbono e teríamos com isso um café neutro em carbono. Importante ressaltar que isto poderia ser um marketing para este tipo de café, agregando valor ao produto final, visto que nesta situação, o café pode ser considerado um “café neutro em carbono”, ou um “café com emissão zero”.

Em toda a região da Zona da Mata, tem-se uma área plantada de 194.647 hectares de café (IBGE, 2005) que é a principal cultura de renda da região. Os SAFs representam uma boa opção de uso das terras para a região, devido às condições de relevo e clima. Além disto, a agricultura familiar é predominante na região (SOUZA, 2006) e os SAFs além de uma produção diversificada fornecem inúmeros outros serviços ecossistêmicos (Souza et al., 2010; capítulo 2 desta dissertação) entre eles o sequestro de carbono. Considerando ainda que toda a área de café plantada na região fosse manejada com SAFs, ter-se-ia um estoque de carbono nestas áreas na ordem de 14.510.934 toneladas. O saldo positivo seria de 14.361.056 toneladas. Isto equivale a 64% do que estocaria uma área de capoeira (com potencial de estocar 115,78 toneladas de carbono por hectare, segundo Froufe et al., 2011).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estoque de carbono calculado a partir da equação de volume do CETEC apresentou para todos os SAFs valores superiores aos obtidos com a utilização da equação de biomassa de Brianezzi. Desta forma, com base em nossos estudos e considerando que é recomendado que as equações sejam conservadoras, a equação de Brianezzi seria a mais recomendada para estimar o estoque de carbono no componente arboreo dos sistemas agrofloretais da região. No entanto cabe ressaltar que a equação do CETEC apresentou, para a espécie *Solanum mauriticum* (capoeira branca), valores mais próximos dos obtidos com a cubagem rigorosa de indivíduos desta espécie do que a equação de Brianezzi.

O estoque de carbono total calculado para a biomassa aérea, arbórea e arbustiva, dos SAFs, foi de 25,5 toneladas por hectare. O estoque de carbono total estimado para os SAFS considerando outros compartimentos do sistema (vegetação espontânea, serapilheira, raízes e solo) foi de 74,55 toneladas de carbono por hectare. Os SAFs com café podem zerar as emissões de carbono do sistema de produção do café e ainda acrescentar um valor de aproximadamente 73,78 toneladas de carbono por hectare. Em relação ao café solteiro, os SAFs (considerando seus diversos compartimentos dentre eles biomassa aérea, vegetação espontânea, serapilheira, raízes e solo), podem acrescentar 23 toneladas de carbono por hectare. Já em relação às pastagens a pleno sol, embora não tenham sido objeto específico do estudo aqui apresentado, os SAFs podem acrescentar 39 toneladas de carbono por hectare.

Os SAFs muitas vezes podem apresentar o potencial de sequestro e estoque de carbono em sua biomassa arbórea, semelhante ou superior ao de vegetações naturais em estágios iniciais de regeneração, como as capoeiras (aproximadamente 18,6 toneladas de carbono por hectare.)

Portanto, com base nos estudos aqui apresentados, podemos afirmar que os sistemas agrofloretais podem contribuir para mitigar os efeitos de mudança climática devido às emissões de carbono.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGUIAR, M. I. de. **Qualidade Física do Solo em Sistemas Agroflorestais**.2008. 79f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2008.
- ALBRECHT, A.; KANDJI, S. T. **Carbon sequestration in tropical agroforestry systems**. Agriculture, Ecosystems and Environment, v. 99, p.15-27. 2003.
- AMARO, M. A. **Quantificação do estoque volumétrico, de biomassa e de carbono em uma Floresta Estacional Semidecidual no município de Viçosa, MG**. 2010. 168f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2010.
- BRIANEZZI, D. **Potencial de estocagem e de arborização de carbono pela arborização do câmpus-sededa Universidade Federal de Viçosa**. Viçosa, 2012. 144f... Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa.
- CARDOSO, I. M.; GUIJT, I.; FRANCO, F. S.; CARVALHO, A. F.; FERREIRA NETO, P. S. **Continual learning for agroforestry system design: university, NGO and farmer partnership in Minas Gerais, Brazil**.Agricultural Systems, v.69, p.235-257. 2001.
- CARDOSO, I. M.; JUCKSCH, I.; MENDONÇA, E.S. de. **Indicadores de biodiversidade. In: Indicadores de sustentabilidade em sistemas de produção agrícola**. José Mario Lobo Ferreira et al. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. pag 231-258.
- CARNEIRO, J.J.; CARDOSO, I.M. ; MOREIRA, V.D. Agroecologia e Conservação de Água: Um Estudo de Caso no Município de Araponga, MG. Revista Brasileira de Agroecologia, 4(2): 513-516, 2009.
- CARVALHO, A. F. de. **Água e radiação em sistemas agroflorestais com café, no território da Serra do Brigadeiro – MG**.2011. 115f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 2011.
- CERRI, C.C. **Emissão de gases de efeito estufa na cafeicultura**. 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/sp/piracicaba-regiao/noticia/2012/06/adubo-na-cafeicultura-e-o-que-mais-contribui-para-o-efeito-estufa-diz-usp.html>> Acesso em: 14 de maio de 2013.
- CETEC- FUNDAÇÃO CENTRO TECNOLÓGICO DE MINAS GERAIS. **Desenvolvimento de equações volumétricas aplicáveis ao manejo sustentado de florestas nativas do estado de Minas Gerais e outras regiões do país**. Belo Horizonte, Fundação Centro Tecnológico de Minas Gerais, 1995.

DIXON, R. K. **Agroforestry system: sources or sinks of greenhouse gases?** Agroforestry Systems. v 31, p 99–116. 1995.

DUARTE, E. M. G. **Ciclagem de nutrientes por árvores em sistemas agroflorestais na Mata Atlântica.** (MS). DPS, UFV, Viçosa, 2007. 132 p.

FERNANDES, J. M. **Taxonomia e etnobotânica de Leguminosae Adans. em fragmentos florestais e sistemas agroflorestais na Zona da Mata Mineira.** Dissertação (Mestrado em Botânica)-Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 240f. 2007.

FERRARI, E. A. **Desenvolvimento da Agricultura Familiar: a experiência do CTA-ZM,** In: ALVARES, V. H.; FONTES, L.E.F., FONTES, M.P.F. (Ed.) **O Solo nos Grandes Domínios Morfoclimáticos do Brasil e o Desenvolvimento Sustentado.** Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. p. 233 - 250.

FERREIRA, F.M.C. **A polinização como um serviço do ecossistema: uma estratégia econômica para a conservação.** Tese de Doutorado. Universidade Federal de Minas Gerais (Ecologia, Conservação e Manejo de Vida Silvestre), Belo Horizonte. 2008.

FREITAS, H.R.; CARDOSO, I.M.; JUCKSCH, I. **Legislação ambiental e uso da terra: o caso da Zona da Mata de Minas Gerais.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, Boletim Informativo 29. p.22-27. 2004.

FROUFE, L. C. M.; RACHWAL, M. F. G.; SEOANE, C. E. S. **Potencial de sistemas agroflorestais multiestratos para sequestro de carbono em áreas de ocorrência de Floresta Atlântica.** Pesquisa Florestal Brasileira, Colombo, v.31, p. 143-154. 2011.

GOLLEY, F. B.; MCGINNIS, J. T.; CLEMENTS, R. G.; CHILD, G. I.; DUEVER, M. J. **Ciclagem de minerais em um ecossistema de Floresta Tropical Úmida.** São Paulo-SP: EDUSP, 1978. 256 p.

IBGE, 2005. **Lavoura permanente. (Minas Gerais).** Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. Disponível em: < <http://www.ibge.gov.br/cidadesat/default.php> >. Acesso em: 8 de fev de 2013.

IBGE, 2006. **Censo Demográfico.(Minas Gerais).** Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2006.

IBGE, 2010. **Censo Demográfico (Minas Gerais)** – Fundação Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

IPCC. **Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. Guia de Boas Práticas do Uso da Terra, Mudança do Uso da Terra e Florestas. Métodos Complementarios y Orientación Sobre las Buenas Prácticas que Emanan del Protocolo de Kyoto.**

Capítulo 4. 132 pg. 2003. Consultado em 24 fev. de 2013. Retirado de: http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/gpplulucf/gpplulucf_languages.html

IPCC. Painel Intergovernamental sobre Mudança do Clima. 2005b. **Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas para uso de la tierra, cambio de uso de la tierra y silvicultura (UTCUTS)**. Suíça: OMM, 2005. 628 p.

JOSE, S. **Agroforestry for ecosystem services and environmental benefits: an overview**. Agroforest System, v. 76, p. 1-10. 2009.

KER, J. C. **Mineralogia, sorção e dessorção de fosfato, magnetização e elementos traços de Latossolos do Brasil**. 1995. 181 p. (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 1995.

MCT. Comunicação nacional inicial do Brasil à convenção-quadro das Nações Unidas sobre mudança do clima. Brasília-DF: MCT, 2004. 269 p.

MONTAGNINI, F.; NAIR, P. K. R. Carbon sequestration: an underexploited environmental benefit of agroforestry systems. Agrofor Syst 61–62(1–3):281–295, 2004.

MOONEN A.C.; BÁRBERI P. **Functional biodiversity: An agroecosystem approach**. Agriculture, Ecosystems and Environment. v. 127, p 7–21. 2008.

NEVES, Y. P.; MARTINEZ, H. E. P.; SOUZA, C. M.; CECON, P. R. **Crescimento e produção de Coffea arabica, fertilidade do solo e retenção de umidade em sistema agroflorestal**. II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil. Vitória: EMBRAPA, 2001. 1678-1687 p.

OELBERMANN, M.; VORONEY, R. P.; GORDON, A. M. **Carbon sequestration in tropical and temperate agroforestry systems: a review with examples from Costa Rica and southern Canada**. Agric. Ecosyst. Environ. 104, 359–377, 2004.

REZENDE, M. Q. **Etnoecologia e Controle Biológico Conservativo em Cafeeiros sob Sistemas Agroflorestais**. 2010. 83f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.

RIBEIRO, C. A. do N. **Florística e Fitossociologia de um trecho de Floresta Atlântica de Altitude na Fazenda da Neblina, Parque Estadual da Serra do Brigadeiro, Minas Gerais**. 2003. 52f. Dissertação (Mestrado em Botânica) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2003.

RIBEIRO, S. C. **Quantificação do estoque de biomassa e análise econômica da implementação de projetos visando à geração de créditos de carbono em pastagem, capoeira e floresta primária**. 2007, 128 p. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2007.

SCHIPPER, L.; PELLING, M. **Disaster risk, climate change and international development: scope for, and challenges to, integration.** *Disasters*, v.30, n.1, p.19-38. 2006.

SCHROEDER, P. **Agroforestry systems: integrate land use to store and conserve carbono.** *Climate Research*, v 3, p.53-60. 1993.

SEGURA, M.; KANNINEN, M.; SUARÉZ, D. **Allometric models for estimating aboveground biomass of shade trees and coffee plants in agroforestry systems in Matalpa, Nicaragua.** 2006. Submitted to *Agroforestry Systems*.

SIQUEIRA, L. C. **Levantamento florístico e etnobotânico de estrato arbóreo em Sistemas Naturais e Agroflorestais, Araçuaia, Minas Gerais.** Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 118f. 2008.

SOARES, C. P. B, PAULA NETO, F. DE; SOUZA, A. L DE. **Dendrometria e Inventário Florestal.** Viçosa: Editora UFV, 2006. 276 p.

SOUZA, H. N. de. 2006. **Sistematização da experiência participativa com sistemas agroflorestais: rumo à sustentabilidade da agricultura familiar na Zona da Mata Mineira.** Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) -Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.127 f. 2006.

SOUZA, H. N.; GOEDE, R. G. M.; BRUSSAARD, L.; CARDOSO, I. M.; DUARTE, E. M. G.; FERNANDES, R. B. A.; GOMES, L. C.; PULLEMAN, M. M. **Protective shade, tree diversity and soil properties in coffee agroforestry systems in the Atlantic Rainforest biome.** *Agriculture, Ecosystems and Environment*, v.146, p. 179–196. 2012.

TITO, M. R.; LEÓN, M. C.; PORRO, R. **Guia para Determinação de Carbono em Pequenas Propriedades Rurais - 1. ed. --** Belém, Brasil.: Centro Mundial Agroflorestal (ICRAF) / Consórcio Iniciativa Amazônica (IA). 2009. 81 p.

YU, C. M. **Sequestro florestal do carbono no Brasil: dimensões políticas, socioeconômicas e ecológicas.** São Paulo: Annablume; IEB, 2004. 200 p.

VALLE FILHO, J. G. R. do. **Desenvolvimento vegetativo do cafeeiro recepado com diferentes doses e fontes de P₂O₅.** 2008. 51f. Trabalho de Conclusão do Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Escola Agrotécnica Federal de Muzambinho. Muzambinho, MG, 2008.

VAN NOORDWIJK, M.; RAHAYU, S.; HAIRIAH, K.; WULAN, Y. C.; FARIDA, A.; VERBIST, B. **Carbon stock assessment for a forest-to-coffee conversion landscape**

in Sumber-Jaya (Lampug, Indonesia): from allometric equations to land use analysis. 2002. *Science in China*, v. 45, p. 75-86. Disponível em [http://www.globalcarbonproject.org/PRODUCTS/Table_of_contents_land_use%20\(Canadell_Zhou_Noble2003\)/Noordwijk_yc0075.pdf](http://www.globalcarbonproject.org/PRODUCTS/Table_of_contents_land_use%20(Canadell_Zhou_Noble2003)/Noordwijk_yc0075.pdf).

CAPÍTULO 4

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo objetivou aprofundar as pesquisas relacionadas tanto ao desenho e função das espécies encontradas em Sistemas Agroflorestais (SAFs) com café (*Coffea arabica*), quanto ao potencial de estoque de carbono destes agroecossistemas, com vistas a consolidá-los como promotores de serviços ecossistêmicos que contribuem tanto com a recuperação estrutural e funcional do bioma Mata Atlântica quanto para a mitigação dos efeitos das mudanças climáticas e para o fortalecimento da agricultura familiar.

Para isto, buscou-se caracterizar os SAFs com café agroecológicos da Zona da Mata, em relação aos seus desenhos e entender de que forma estes desenhos favorecem na prestação de serviços ecossistêmicos. Esta caracterização envolveu análises fitossociológicas sobre a densidade e diversidade de espécies, a distribuição espacial, horizontal e diamétrica das árvores e análises sobre a função das espécies nos sistemas e os principais objetivos dos SAFs. Além disso, avaliaram-se os SAFs com café a partir da sua capacidade de sequestrar carbono. Neste sentido foi calculado o estoque de carbono da biomassa aérea de árvores e arbustos de sistemas agroflorestais com café a partir da utilização de diferentes metodologias visando encontrar um valor médio mais confiável para cada componente avaliado.

Os SAFs além de oferecer uma produção diversificada, fornecem inúmeros outros serviços ecossistêmicos contemplando tanto serviços de provisão, como serviços de suporte, de regulação e culturais. A diversidade de desenhos encontrada nos SAFs agroecológicos com café é resultado da estratificação que os agricultores fazem em suas propriedades e contribui para que estes SAFs apresentem diversidade de espécies comparável à áreas de florestas naturais. Notou-se que estes sistemas oferecem uma matriz agrícola com potencial para contribuir tanto com a conservação de fragmentos florestais naturais, quanto com a redução dos desmatamentos com fins de extrativismo e ampliação de fronteira agrícola.

A incorporação de árvores ou arbustos em sistemas agroflorestais pode sequestrar carbono de forma similar às áreas com vegetação natural e aumentam, consideravelmente, a quantidade de carbono sequestrado em comparação com o café solteiro (23 toneladas de carbono a mais nos SAFs) ou pastagens (39 toneladas de carbono a mais nos SAFs).

SAFs com café podem mitigar os efeitos das mudanças climáticas, tendo em vista que as árvores e arbustos presentes nestes sistemas neutralizam as emissões do processo produtivo do café e ainda fornecem um saldo positivo de carbono superior a 70 toneladas por hectare. A abordagem agroecológica em SAFs amplia a sustentabilidade destes agroecossistemas, pois, além de ampliar os serviços ecossistêmicos fornecidos, consegue manter a produtividade destes ambientes, o que fortalece a agricultura familiar.

ANEXOS

ANEXO A

Tabela 1A: Diâmetro à altura do peito (DAP), altura total, volume total com casca, densidade básica da madeira e biomassa em Kg e em toneladas obtidas com a equação do CETEC, 1995 e com a equação de Brianezzi, 2012, de cada um dos indivíduos arbóreos encontrados nos SAF_P, SAF_{R1}, SAF_{R2} e SAF_{R3}.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _P	1	14,97	16,7	0,20	570	88,29	0,09	114,96	0,11
SAF _P	2	35,99	22,2	1,26	420	400,88	0,40	528,31	0,53
SAF _P	3	7,32	4	0,01	420	16,49	0,02	4,71	0,00
SAF _P	3	8,60	6	0,02	420	24,80	0,02	9,94	0,01
SAF _P	4	43,63	21,7	1,70	430	541,39	0,54	731,74	0,73
SAF _P	5	8,92	8,1	0,04	460	29,39	0,03	16,45	0,02
SAF _P	6	12,10	8,5	0,06	420	48,84	0,05	26,76	0,03
SAF _P	7	21,82	17,1	0,39	1030	162,98	0,16	406,29	0,41
SAF _P	7	20,38	17,1	0,35	1030	146,15	0,15	361,79	0,36
SAF _P	8	19,90	11,6	0,21	410	121,80	0,12	87,87	0,09
SAF _P	9	7,96	4,1	0,01	760	19,03	0,02	10,11	0,01
SAF _P	10	17,52	10,1	0,15	420	94,24	0,09	61,55	0,06
SAF _P	11	16,72	10,2	0,14	420	87,78	0,09	57,51	0,06

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _p	11	37,90	10,2	0,55	420	326,24	0,33	232,55	0,23
SAF _p	12	7,48	5,9	0,02	420	19,73	0,02	7,69	0,01
SAF _p	13	5,89	3,8	0,01	760	11,41	0,01	5,53	0,01
SAF _p	14	17,04	7,3	0,10	790	79,91	0,08	75,56	0,08
SAF _p	14	34,39	7,3	0,32	790	246,59	0,25	250,71	0,25
SAF _p	15	10,19	4,1	0,02	910	28,28	0,03	18,44	0,02
SAF _p	16	17,10	7,6	0,10	420	81,60	0,08	42,38	0,04
SAF _p	17	6,88	6,2	0,02	420	17,55	0,02	7,06	0,01
SAF _p	18	42,04	14,7	1,01	720	441,32	0,44	729,41	0,73
SAF _p	18	33,50	11,7	0,53	720	281,71	0,28	379,17	0,38
SAF _p	19	18,79	5,6	0,08	420	84,72	0,08	34,83	0,03
SAF _p	19	14,14	4,2	0,04	420	48,25	0,05	15,31	0,02
SAF _p	20	9,36	8	0,04	420	31,64	0,03	16,09	0,02
SAF _p	21	7,32	4,5	0,01	420	17,23	0,02	5,40	0,01
SAF _p	22	35,35	7,3	0,33	910	257,67	0,26	302,63	0,30
SAF _p	23	16,82	13,8	0,20	910	99,12	0,10	179,14	0,18
SAF _p	24	18,34	10,9	0,17	420	104,41	0,10	72,81	0,07
SAF _p	24	15,29	9,3	0,11	420	73,46	0,07	44,30	0,04
SAF _p	25	20,13	8,7	0,16	420	111,42	0,11	65,55	0,07

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _p	26	24,39	9,6	0,24	660	157,34	0,16	160,47	0,16
SAF _p	27	17,29	4,6	0,06	420	68,93	0,07	24,02	0,02
SAF _p	28	14,33	11,2	0,12	560	70,98	0,07	65,74	0,07
SAF _p	29	13,85	9,6	0,09	1030	63,48	0,06	95,31	0,10
SAF _p	30	19,94	10,7	0,20	420	118,50	0,12	82,13	0,08
SAF _p	31	9,24	5,1	0,02	410	26,18	0,03	9,06	0,01
SAF _p	32	27,71	8,4	0,26	420	183,65	0,18	108,57	0,11
SAF _p	33	17,29	9,1	0,13	620	88,82	0,09	78,70	0,08
SAF _p	34	6,91	8,4	0,02	550	19,79	0,02	13,28	0,01
SAF _p	34	13,69	6,2	0,05	550	52,97	0,05	29,93	0,03
SAF _p	35	29,46	14,5	0,54	620	248,20	0,25	336,83	0,34
SAF _p	36	20,80	13	0,26	620	136,32	0,14	163,60	0,16
SAF _p	36	18,66	12	0,20	620	111,23	0,11	123,85	0,12
SAF _p	37	18,47	12,4	0,20	620	110,75	0,11	126,44	0,13
SAF _p	37	21,82	12,7	0,28	620	145,93	0,15	172,74	0,17
SAF _p	37	21,66	12,8	0,28	620	144,64	0,14	172,17	0,17
SAF _p	38	26,66	15,5	0,50	620	216,73	0,22	306,99	0,31
SAF _p	39	28,41	17,9	0,65	620	253,21	0,25	404,94	0,40
SAF _p	39	31,37	19,4	0,85	620	305,89	0,31	526,95	0,53

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _P	40	34,39	16,2	0,81	620	331,61	0,33	499,52	0,50
SAF _P	40	33,44	15	0,70	620	308,02	0,31	435,11	0,44
SAF _P	41	16,11	6,1	0,07	570	68,35	0,07	40,19	0,04
SAF _P	42	6,82	3,7	0,01	570	14,27	0,01	5,15	0,01
SAF _P	43	8,28	3,5	0,01	570	19,11	0,02	6,74	0,01
SAF _P	44	9,87	4,6	0,02	420	28,05	0,03	9,22	0,01
SAF _P	45	17,83	9	0,13	570	92,94	0,09	75,28	0,08
SAF _P	46	6,21	5,5	0,01	810	14,25	0,01	9,93	0,01
SAF _P	47	6,24	5,1	0,01	570	13,97	0,01	6,46	0,01
SAF _P	48	14,52	8,9	0,09	730	66,57	0,07	67,01	0,07
SAF _P	48	11,62	7,8	0,05	730	44,35	0,04	39,28	0,04
SAF _P	48	11,88	7,1	0,05	730	44,34	0,04	36,51	0,04
SAF _P	48	13,69	8,9	0,08	730	60,58	0,06	60,62	0,06
SAF _P	49	6,05	4,5	0,01	810	12,68	0,01	7,52	0,01
SAF _P	50	5,57	3,4	0,01	730	10,02	0,01	4,24	0,00
SAF _P	51	28,34	11,5	0,39	420	214,05	0,21	162,93	0,16
SAF _P	52	6,78	4,7	0,01	420	15,48	0,02	4,98	0,00
SAF _P	53	6,37	4,4	0,01	570	13,66	0,01	5,62	0,01
SAF _P	54	10,83	5,6	0,03	420	34,99	0,03	13,59	0,01

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _p	55	9,04	5,3	0,02	420	25,69	0,03	9,37	0,01
SAF _p	56	12,29	3,6	0,02	420	36,40	0,04	10,07	0,01
SAF _p	57	6,05	2,9	0,01	420	10,77	0,01	2,33	0,00
SAF _p	58	11,02	5,8	0,03	420	36,46	0,04	14,59	0,01
SAF _p	59	5,41	5,9	0,01	570	11,73	0,01	6,00	0,01
SAF _p	60	25,73	12,3	0,36	420	187,94	0,19	149,44	0,15
SAF _p	61	9,55	5,9	0,03	810	29,19	0,03	22,50	0,02
SAF _p	62	14,65	8,6	0,09	730	66,65	0,07	65,34	0,07
SAF _p	63	12,13	6,5	0,05	420	44,40	0,04	19,65	0,02
SAF _p	64	12,68	7,1	0,06	410	49,20	0,05	22,91	0,02
SAF _p	65	7,48	5,7	0,02	620	19,48	0,02	10,90	0,01
SAF _p	66	9,14	3,2	0,01	220	21,66	0,02	2,77	0,00
SAF _p	67	8,60	6,5	0,03	620	25,55	0,03	16,11	0,02
SAF _p	67	7,45	7,4	0,02	620	21,31	0,02	14,68	0,01
SAF _p	68	6,46	6,8	0,02	620	16,44	0,02	10,44	0,01
SAF _p	69	5,83	6,7	0,01	620	13,85	0,01	8,59	0,01
SAF _p	70	6,62	7,3	0,02	620	17,55	0,02	11,82	0,01
SAF _p	71	30,57	10,7	0,41	910	235,30	0,24	369,27	0,37
SAF _p	72	16,08	8,2	0,10	770	76,06	0,08	76,45	0,08

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _p	73	10,06	9,3	0,05	420	37,57	0,04	21,70	0,02
SAF _p	74	11,31	7	0,05	570	40,74	0,04	25,77	0,03
SAF _p	75	7,48	3,3	0,01	420	15,90	0,02	3,90	0,00
SAF _p	76	45,70	15,6	1,25	620	515,87	0,52	776,48	0,78
SAF _p	76	46,82	14,9	1,24	620	527,13	0,53	766,82	0,77
SAF _p	77	31,69	12,1	0,50	810	260,87	0,26	403,41	0,40
SAF _p	78	5,41	4,4	0,01	570	10,52	0,01	4,26	0,00
SAF _p	79	4,78	5	0,01	660	9,03	0,01	4,63	0,00
SAF _p	79	8,47	5,2	0,02	660	22,96	0,02	12,88	0,01
SAF _p	80	6,11	6	0,01	620	14,35	0,01	8,20	0,01
SAF _p	80	6,05	5,8	0,01	620	13,94	0,01	7,74	0,01
SAF _p	81	9,43	6,2	0,03	620	29,10	0,03	17,84	0,02
SAF _p	82	27,13	12,5	0,40	420	205,86	0,21	166,71	0,17
SAF _p	83	6,05	4,3	0,01	620	12,47	0,01	5,46	0,01
SAF _p	84	5,41	3,8	0,01	720	9,96	0,01	4,53	0,00
SAF _p	85	35,35	12,8	0,64	420	317,47	0,32	269,25	0,27
SAF _p	86	8,44	5,7	0,02	770	23,62	0,02	16,62	0,02
SAF _p	87	14,27	12,3	0,13	770	72,97	0,07	100,09	0,10
SAF _p	88	17,04	13,2	0,19	690	99,58	0,10	131,89	0,13

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _p	89	14,78	12,8	0,14	770	78,35	0,08	111,34	0,11
SAF _p	90	10,35	8,9	0,05	420	38,66	0,04	21,62	0,02
SAF _p	91	6,69	7,1	0,02	770	17,64	0,02	14,44	0,01
SAF _p	91	9,87	10,7	0,06	770	38,38	0,04	45,36	0,05
SAF _p	92	15,76	12,5	0,16	810	86,15	0,09	127,22	0,13
SAF _p	93	9,94	5	0,02	350	29,23	0,03	8,57	0,01
SAF _p	94	15,10	11,2	0,13	770	77,15	0,08	98,78	0,10
SAF _p	95	4,94	4,7	0,01	570	9,30	0,01	3,93	0,00
SAF _p	96	9,71	8,2	0,04	420	33,87	0,03	17,63	0,02
SAF _p	97	14,84	9	0,10	660	69,21	0,07	63,70	0,06
SAF _p	98	9,24	9,3	0,04	620	32,73	0,03	27,66	0,03
SAF _p	99	15,00	9,2	0,10	620	70,98	0,07	62,52	0,06
SAF _p	100	5,73	6,5	0,01	760	13,33	0,01	9,88	0,01
SAF _p	100	7,83	6,5	0,02	760	22,01	0,02	16,85	0,02
SAF _p	100	6,69	6,5	0,02	760	17,07	0,02	12,86	0,01
SAF _p	101	7,17	5	0,01	620	17,30	0,02	8,68	0,01
SAF _p	101	9,27	7,1	0,03	620	29,77	0,03	20,30	0,02
SAF _p	102	6,50	4,5	0,01	660	14,22	0,01	6,91	0,01
SAF _p	103	6,97	6,2	0,02	770	17,94	0,02	13,24	0,01

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _P	104	12,55	7,7	0,06	640	49,89	0,05	38,65	0,04
SAF _P	105	7,96	6,3	0,02	570	22,32	0,02	12,52	0,01
SAF _P	106	5,25	4,1	0,01	760	9,77	0,01	4,97	0,00
SAF _P	107	16,34	8	0,10	780	77,29	0,08	77,29	0,08
SAF _P	108	34,49	14,5	0,71	420	319,64	0,32	298,67	0,30
SAF _P	109	21,02	12,4	0,25	560	136,26	0,14	142,40	0,14
SAF _P	110	14,30	8,8	0,09	420	64,66	0,06	37,06	0,04
SAF _P	111	40,29	15,1	0,97	380	416,33	0,42	369,39	0,37
SAF _P	111	31,15	17,5	0,74	380	291,05	0,29	282,85	0,28
SAF _P	112	7,07	4,5	0,01	660	16,28	0,02	7,99	0,01
SAF _P	113	7,96	6,2	0,02	410	22,19	0,02	8,84	0,01
SAF _P	114	7,96	3,7	0,01	220	18,32	0,02	2,59	0,00
SAF _P	115	9,94	6,2	0,03	840	31,66	0,03	26,44	0,03
SAF _{R1}	1	41,5	16,5	1,13	380	451,20	0,45	430,96	0,43
SAF _{R1}	2	17,8	9,7	0,14	380	95,29	0,10	54,61	0,05
SAF _{R1}	3	16,0	7,2	0,08	750	71,55	0,07	63,11	0,06
SAF _{R1}	4	11,3	4,9	0,03	710	35,69	0,04	21,16	0,02
SAF _{R1}	5	7,0	3,8	0,01	840	15,07	0,02	8,22	0,01
SAF _{R1}	6	10,3	4,9	0,03	730	30,67	0,03	18,51	0,02

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	7	20,3	7,4	0,13	750	105,99	0,11	97,92	0,10
SAF _{R1}	8	16,5	6,5	0,08	750	72,67	0,07	59,28	0,06
SAF _{R1}	9	18,9	11,5	0,20	480	112,20	0,11	93,63	0,09
SAF _{R1}	9	19,2	11,1	0,19	480	113,43	0,11	92,17	0,09
SAF _{R1}	10	31,5	31,9	1,53	420	369,79	0,37	641,68	0,64
SAF _{R1}	11	4,9	4,2	0,01	420	8,73	0,01	2,48	0,00
SAF _{R1}	11	5,4	4,4	0,01	420	10,52	0,01	3,14	0,00
SAF _{R1}	12	18,0	25,6	0,45	420	139,02	0,14	191,10	0,19
SAF _{R1}	13	22,3	9,1	0,20	420	133,48	0,13	82,25	0,08
SAF _{R1}	13	21,5	20,3	0,47	420	169,66	0,17	197,43	0,20
SAF _{R1}	13	29,5	24,5	1,01	420	302,66	0,30	422,76	0,42
SAF _{R1}	13	8,6	7	0,03	420	26,42	0,03	11,98	0,01
SAF _{R1}	14	33,5	36,8	2,01	420	431,93	0,43	845,46	0,85
SAF _{R1}	14	12,3	12,4	0,10	420	57,39	0,06	42,55	0,04
SAF _{R1}	15	24,1	12,2	0,32	420	168,77	0,17	132,43	0,13
SAF _{R1}	16	6,1	6,1	0,01	420	14,44	0,01	5,66	0,01
SAF _{R1}	17	7,4	7,6	0,02	420	21,38	0,02	10,19	0,01
SAF _{R1}	17	7,6	9,7	0,03	420	24,38	0,02	14,15	0,01
SAF _{R1}	18	6,7	9	0,02	420	19,12	0,02	10,31	0,01

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	19	8,2	7,6	0,03	420	25,17	0,03	12,12	0,01
SAF _{R1}	20	38,5	49	3,57	420	600,41	0,60	1497,86	1,50
SAF _{R1}	20	9,9	10,5	0,06	420	38,11	0,04	24,20	0,02
SAF _{R1}	20	44,3	43,6	3,94	420	718,16	0,72	1655,92	1,66
SAF _{R1}	20	36,6	40,6	2,62	420	514,58	0,51	1099,06	1,10
SAF _{R1}	20	46,1	42,1	4,05	420	755,25	0,76	1700,42	1,70
SAF _{R1}	20	23,2	15,5	0,39	420	174,03	0,17	164,65	0,16
SAF _{R1}	21	17,8	16,2	0,26	420	115,29	0,12	109,92	0,11
SAF _{R1}	22	7,7	8	0,03	420	23,31	0,02	11,62	0,01
SAF _{R1}	22	21,1	14,1	0,30	420	143,62	0,14	124,74	0,12
SAF _{R1}	23	35,0	38,1	2,26	420	469,29	0,47	948,62	0,95
SAF _{R1}	23	15,6	8,8	0,10	420	74,64	0,07	43,17	0,04
SAF _{R1}	23	33,0	42,1	2,29	420	441,69	0,44	960,73	0,96
SAF _{R1}	24	15,6	16,4	0,21	420	93,76	0,09	89,05	0,09
SAF _{R1}	25	17,2	20,5	0,32	420	119,04	0,12	136,44	0,14
SAF _{R1}	26	25,7	26	0,85	420	247,72	0,25	357,66	0,36
SAF _{R1}	26	22,6	27,9	0,74	420	207,08	0,21	312,11	0,31
SAF _{R1}	27	4,9	6	0,01	420	10,18	0,01	3,85	0,00
SAF _{R1}	28	13,0	14,1	0,13	420	66,07	0,07	54,59	0,05

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	29	18,2	30,2	0,56	420	150,36	0,15	236,03	0,24
SAF _{R1}	29	5,6	3,2	0,01	420	9,79	0,01	2,27	0,00
SAF _{R1}	30	6,5	4,9	0,01	720	14,67	0,01	8,33	0,01
SAF _{R1}	30	4,8	2	0,00	720	6,42	0,01	1,73	0,00
SAF _{R1}	31	18,8	27,7	0,54	420	153,46	0,15	225,62	0,23
SAF _{R1}	31	19,5	24,2	0,49	420	154,77	0,15	205,10	0,21
SAF _{R1}	32	18,3	14,3	0,24	420	115,17	0,12	99,70	0,10
SAF _{R1}	33	20,4	17,8	0,37	420	148,35	0,15	154,61	0,15
SAF _{R1}	34	15,1	13,1	0,15	420	81,77	0,08	64,71	0,06
SAF _{R1}	35	41,8	37,7	3,02	420	621,70	0,62	1269,25	1,27
SAF _{R1}	35	16,9	27	0,44	420	128,75	0,13	183,51	0,18
SAF _{R1}	35	37,5	28	1,77	420	465,88	0,47	741,81	0,74
SAF _{R1}	35	22,8	27,5	0,74	420	208,30	0,21	310,59	0,31
SAF _{R1}	35	33,6	39,6	2,20	420	445,89	0,45	925,60	0,93
SAF _{R1}	36	11,0	13	0,09	420	48,76	0,05	37,10	0,04
SAF _{R1}	37	8,8	5,4	0,02	750	24,56	0,02	16,19	0,02
SAF _{R1}	37	6,9	5,4	0,01	750	16,67	0,02	10,72	0,01
SAF _{R1}	37	11,1	5,4	0,03	750	36,16	0,04	24,44	0,02
SAF _{R1}	38	9,1	7,3	0,03	480	29,26	0,03	15,76	0,02

Continua....

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	39	6,8	4,4	0,01	750	15,22	0,02	8,31	0,01
SAF _{R1}	39	5,4	3,4	0,01	750	9,65	0,01	4,19	0,00
SAF _{R1}	40	6,5	4,3	0,01	750	14,09	0,01	7,51	0,01
SAF _{R1}	41	5,1	4	0,01	570	9,22	0,01	3,44	0,00
SAF _{R1}	41	4,8	4	0,01	570	8,31	0,01	3,08	0,00
SAF _{R1}	41	4,8	4	0,01	570	8,31	0,01	3,08	0,00
SAF _{R1}	42	5,6	3	0,01	570	9,56	0,01	2,86	0,00
SAF _{R1}	43	22,0	6,4	0,13	570	114,45	0,11	72,18	0,07
SAF _{R1}	44	19,6	14,4	0,27	690	128,96	0,13	185,74	0,19
SAF _{R1}	45	7,4	4,8	0,01	710	18,02	0,02	10,06	0,01
SAF _{R1}	45	6,4	4,8	0,01	710	14,22	0,01	7,82	0,01
SAF _{R1}	46	17,2	8,4	0,11	420	85,45	0,09	48,09	0,05
SAF _{R1}	47	8,8	5,8	0,02	840	25,22	0,03	19,71	0,02
SAF _{R1}	48	5,3	5,7	0,01	690	11,04	0,01	6,63	0,01
SAF _{R1}	49	12,4	10,6	0,09	420	55,28	0,06	36,21	0,04
SAF _{R1}	49	8,6	10,1	0,04	420	30,10	0,03	18,27	0,02
SAF _{R1}	50	11,1	11,1	0,08	420	47,27	0,05	31,77	0,03
SAF _{R1}	51	18,7	10,8	0,18	560	107,55	0,11	99,48	0,10
SAF _{R1}	52	8,9	6,8	0,03	820	27,23	0,03	23,61	0,02

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	53	9,0	6,9	0,03	420	28,33	0,03	12,76	0,01
SAF _{R1}	54	19,1	13,8	0,24	420	121,69	0,12	102,84	0,10
SAF _{R1}	54	21,0	14,3	0,30	420	143,33	0,14	125,83	0,13
SAF _{R1}	55	27,2	16,4	0,55	420	228,15	0,23	229,44	0,23
SAF _{R1}	56	11,1	7,4	0,05	840	40,66	0,04	39,56	0,04
SAF _{R1}	57	7,0	5,9	0,02	640	17,75	0,02	10,47	0,01
SAF _{R1}	57	8,9	6,5	0,03	640	27,09	0,03	17,70	0,02
SAF _{R1}	57	5,8	5,9	0,01	640	13,09	0,01	7,57	0,01
SAF _{R1}	58	6,8	6,3	0,02	820	17,26	0,02	13,70	0,01
SAF _{R1}	59	25,5	16,8	0,50	420	207,69	0,21	211,52	0,21
SAF _{R1}	60	16,9	10,3	0,14	420	89,45	0,09	59,12	0,06
SAF _{R1}	60	6,9	4	0,01	420	15,14	0,02	4,29	0,00
SAF _{R1}	61	11,3	8,8	0,06	420	44,56	0,04	24,93	0,02
SAF _{R1}	62	7,5	6	0,02	570	19,85	0,02	10,64	0,01
SAF _{R1}	63	8,4	6,4	0,02	480	24,36	0,02	11,71	0,01
SAF _{R1}	64	10,5	6,1	0,03	820	34,43	0,03	27,87	0,03
SAF _{R1}	65	5,9	6	0,01	640	13,64	0,01	8,02	0,01
SAF _{R1}	66	8,4	6,5	0,02	820	24,50	0,02	20,37	0,02
SAF _{R1}	67	17,2	9,7	0,14	580	90,14	0,09	78,58	0,08

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	68	10,7	2,2	0,01	640	24,38	0,02	6,85	0,01
SAF _{R1}	69	15,4	12,4	0,15	420	82,30	0,08	62,45	0,06
SAF _{R1}	69	5,7	5,9	0,01	420	12,86	0,01	4,88	0,00
SAF _{R1}	69	16,6	12,3	0,17	420	92,68	0,09	70,42	0,07
SAF _{R1}	69	5,3	5,2	0,01	420	10,78	0,01	3,66	0,00
SAF _{R1}	70	5,1	4,5	0,01	660	9,63	0,01	4,57	0,00
SAF _{R1}	71	4,9	4,8	0,01	820	9,37	0,01	5,80	0,01
SAF _{R1}	72	19,7	11,8	0,21	420	120,38	0,12	90,08	0,09
SAF _{R1}	73	16,2	12,3	0,16	420	89,83	0,09	68,12	0,07
SAF _{R1}	73	8,1	6,5	0,02	420	23,31	0,02	9,90	0,01
SAF _{R1}	74	13,6	9,4	0,09	730	61,36	0,06	64,10	0,06
SAF _{R1}	75	8,3	7,3	0,03	470	25,11	0,03	13,11	0,01
SAF _{R1}	75	10,2	7,2	0,04	470	34,86	0,03	18,40	0,02
SAF _{R1}	76	40,1	13,3	0,83	570	393,63	0,39	473,19	0,47
SAF _{R1}	77	24,9	10,5	0,28	640	168,15	0,17	178,99	0,18
SAF _{R1}	78	7,2	6,5	0,02	750	19,07	0,02	14,28	0,01
SAF _{R1}	79	8,4	4,3	0,02	570	21,27	0,02	8,85	0,01
SAF _{R1}	80	36,3	10,5	0,53	530	307,83	0,31	282,11	0,28
SAF _{R1}	81	7,6	6,8	0,02	580	21,51	0,02	12,99	0,01

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R1}	82	5,1	4,6	0,01	420	9,71	0,01	2,98	0,00
SAF _{R1}	83	10,7	7,5	0,04	620	38,09	0,04	27,52	0,03
SAF _{R1}	84	25,2	18,9	0,57	420	213,08	0,21	238,09	0,24
SAF _{R1}	84	22,3	17,4	0,42	420	169,84	0,17	175,44	0,18
SAF _{R1}	85	5,1	7,4	0,01	640	11,58	0,01	7,92	0,01
SAF _{R1}	86	31,3	13,6	0,56	570	267,63	0,27	319,31	0,32
SAF _{R1}	87	29,7	16,2	0,63	530	262,24	0,26	332,62	0,33
SAF _{R1}	88	16,2	8,2	0,10	590	77,27	0,08	59,58	0,06
SAF _{R1}	89	29,6	10,6	0,38	570	222,84	0,22	216,70	0,22
SAF _{R1}	90	12,8	9,7	0,08	530	56,37	0,06	43,57	0,04
SAF _{R1}	91	5,4	5,1	0,01	580	11,12	0,01	5,15	0,01
SAF _{R1}	92	5,4	4,7	0,01	720	10,78	0,01	5,81	0,01
SAF _{R1}	93	73,2	27,9	5,53	720	1364,69	1,36	3980,56	3,98
SAF _{R1}	94	6,4	5,2	0,01	580	14,53	0,01	6,96	0,01
SAF _{R1}	95	13,8	7,5	0,07	480	57,27	0,06	32,89	0,03
SAF _{R1}	96	26,3	9,2	0,26	530	174,45	0,17	139,17	0,14
SAF _{R1}	97	13,8	7,1	0,06	570	56,54	0,06	36,93	0,04
SAF _{R1}	98	29,2	14,2	0,52	570	243,30	0,24	298,29	0,30
SAF _{R1}	99	6,9	4,7	0,01	710	16,07	0,02	8,77	0,01

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R2}	1	22,7	7,9	0,17	530	130,45	0,13	90,79	0,09
SAF _{R2}	2	22,4	11,2	0,25	480	145,19	0,15	120,69	0,12
SAF _{R2}	3	16,8	5,6	0,07	620	70,68	0,07	42,40	0,04
SAF _{R2}	4	11,8	6,3	0,04	840	41,87	0,04	36,04	0,04
SAF _{R2}	5	7,5	5,1	0,02	840	18,81	0,02	13,06	0,01
SAF _{R2}	6	55,2	14,6	1,60	380	681,88	0,68	608,46	0,61
SAF _{R2}	7	8,1	4,5	0,02	710	20,33	0,02	10,89	0,01
SAF _{R2}	8	14,5	9,5	0,10	750	67,72	0,07	73,74	0,07
SAF _{R2}	9	51,6	19,6	2,01	380	682,13	0,68	764,35	0,76
SAF _{R2}	10	16,6	1,9	0,02	430	46,29	0,05	8,13	0,01
SAF _{R2}	11	14,7	7,6	0,08	660	63,88	0,06	51,32	0,05
SAF _{R2}	12	18,3	11,9	0,19	420	107,27	0,11	80,20	0,08
SAF _{R2}	13	8,0	8,9	0,03	480	25,71	0,03	16,01	0,02
SAF _{R2}	14	31,4	17,4	0,75	420	294,73	0,29	315,43	0,32
SAF _{R2}	15	30,5	32,6	1,49	420	354,80	0,35	624,41	0,62
SAF _{R2}	16	16,9	13,3	0,19	420	98,96	0,10	80,22	0,08
SAF _{R2}	17	24,2	31,1	0,95	420	240,47	0,24	398,00	0,40
SAF _{R2}	18	15,0	17,2	0,21	420	89,26	0,09	87,68	0,09
SAF _{R2}	19	10,4	11,5	0,07	420	42,74	0,04	29,33	0,03

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R2}	20	10,0	16,6	0,10	420	46,36	0,05	42,48	0,04
SAF _{R2}	21	9,4	6,6	0,03	510	29,78	0,03	15,78	0,02
SAF _{R2}	22	10,2	13,5	0,08	420	44,03	0,04	34,27	0,03
SAF _{R3}	1	29,49	17,6	0,68	740	267,19	0,27	505,11	0,51
SAF _{R3}	1	19,33	17,3	0,33	740	134,83	0,13	240,71	0,24
SAF _{R3}	1	16,97	17	0,26	740	108,74	0,11	188,89	0,19
SAF _{R3}	2	27,45	14,8	0,49	740	223,34	0,22	365,04	0,37
SAF _{R3}	3	17,04	14,1	0,21	740	102,05	0,10	152,78	0,15
SAF _{R3}	3	23,98	19,5	0,54	740	199,20	0,20	400,01	0,40
SAF _{R3}	4	5,80	4,8	0,01	420	12,13	0,01	3,90	0,00
SAF _{R3}	5	33,50	16,1	0,76	740	317,20	0,32	565,94	0,57
SAF _{R3}	6	38,34	17	1,03	740	401,91	0,40	759,36	0,76
SAF _{R3}	7	30,76	16,2	0,67	740	277,27	0,28	492,80	0,49
SAF _{R3}	8	27,77	18,7	0,66	740	248,17	0,25	489,34	0,49
SAF _{R3}	9	20,13	19,8	0,41	740	151,25	0,15	301,95	0,30
SAF _{R3}	9	19,78	15,6	0,30	740	134,58	0,13	221,77	0,22
SAF _{R3}	10	32,87	19,3	0,91	740	329,01	0,33	676,94	0,68
SAF _{R3}	11	22,93	10,1	0,23	620	145,17	0,15	143,91	0,14
SAF _{R3}	11	24,62	5,1	0,12	620	126,21	0,13	73,10	0,07

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R3}	12	15,99	18,1	0,25	560	101,10	0,10	138,86	0,14
SAF _{R3}	12	16,27	14,3	0,19	560	95,31	0,10	108,68	0,11
SAF _{R3}	12	21,27	10	0,20	560	128,25	0,13	113,04	0,11
SAF _{R3}	13	30,25	10,9	0,41	740	232,98	0,23	301,42	0,30
SAF _{R3}	14	31,21	15,3	0,64	740	277,78	0,28	472,42	0,47
SAF _{R3}	14	18,15	12	0,19	740	106,40	0,11	140,99	0,14
SAF _{R3}	15	37,26	14,5	0,81	740	361,83	0,36	600,44	0,60
SAF _{R3}	16	29,52	18,1	0,71	740	270,46	0,27	522,89	0,52
SAF _{R3}	17	6,37	4,7	0,01	710	14,00	0,01	7,57	0,01
SAF _{R3}	17	5,03	3,8	0,01	710	8,86	0,01	3,95	0,00
SAF _{R3}	18	19,11	11,8	0,20	560	114,81	0,11	114,20	0,11
SAF _{R3}	19	41,94	20,6	1,50	620	498,46	0,50	928,15	0,93
SAF _{R3}	19	18,47	17,7	0,31	620	126,41	0,13	191,66	0,19
SAF _{R3}	20	22,68	16,3	0,40	620	170,35	0,17	247,02	0,25
SAF _{R3}	21	46,43	18,1	1,53	620	559,25	0,56	949,22	0,95
SAF _{R3}	22	29,14	15,9	0,59	620	252,41	0,25	368,24	0,37
SAF _{R3}	23	27,74	17,1	0,59	620	239,61	0,24	368,57	0,37
SAF _{R3}	24	35,51	15,2	0,79	620	340,85	0,34	489,62	0,49
SAF _{R3}	24	32,80	16	0,73	620	305,91	0,31	454,04	0,45

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R3}	25	22,93	15,2	0,37	430	168,99	0,17	160,93	0,16
SAF _{R3}	26	41,31	15,3	1,03	620	435,48	0,44	638,70	0,64
SAF _{R3}	27	31,91	15,4	0,67	480	288,55	0,29	320,71	0,32
SAF _{R3}	28	10,96	13,3	0,09	380	49,17	0,05	34,47	0,03
SAF _{R3}	28	23,03	15,4	0,38	380	170,95	0,17	145,44	0,15
SAF _{R3}	29	20,41	12,1	0,24	620	128,85	0,13	145,75	0,15
SAF _{R3}	30	39,36	21,2	1,39	620	455,03	0,46	861,24	0,86
SAF _{R3}	31	18,66	12,5	0,21	480	112,93	0,11	100,57	0,10
SAF _{R3}	31	18,92	8	0,13	480	97,78	0,10	61,09	0,06
SAF _{R3}	32	17,20	12,1	0,18	480	97,86	0,10	84,20	0,08
SAF _{R3}	33	20,38	17,7	0,37	620	148,04	0,15	226,73	0,23
SAF _{R3}	34	24,62	16,4	0,46	620	194,81	0,19	286,28	0,29
SAF _{R3}	35	42,20	15,4	1,08	620	451,75	0,45	667,49	0,67
SAF _{R3}	35	23,98	13,1	0,34	620	171,82	0,17	210,53	0,21
SAF _{R3}	36	23,76	12,6	0,32	620	166,84	0,17	197,99	0,20
SAF _{R3}	36	16,56	11,5	0,15	620	90,39	0,09	96,09	0,10
SAF _{R3}	37	27,39	13,1	0,43	620	212,64	0,21	264,14	0,26
SAF _{R3}	38	11,46	13,4	0,10	620	53,04	0,05	61,32	0,06
SAF _{R3}	39	33,18	16,7	0,79	620	316,65	0,32	486,88	0,49

Continua...

Tabela 1A, Cont.

SAF	Número da árvore	DAP (cm)	Altura total (m)	Volume total com casca (m ³) CETEC, 1995	Densidade básica (Kg/m ³)	Biomassa (Kg) Brianezzi, 2012	Biomassa (ton) Brianezzi, 2012	Biomassa (Kg) CETEC, 1995	Biomassa (ton) CETEC, 1995
SAF _{R3}	40	22,77	13,9	0,33	620	161,65	0,16	206,54	0,21
SAF _{R3}	41	38,38	13,1	0,76	620	365,30	0,37	469,84	0,47
SAF _{R3}	42	29,97	10,6	0,39	620	227,08	0,23	240,49	0,24
SAF _{R3}	42	26,18	12,1	0,36	620	192,02	0,19	222,86	0,22
SAF _{R3}	43	30,10	14,7	0,57	620	258,18	0,26	354,99	0,35
SAF _{R3}	44	35,48	15,7	0,82	620	344,48	0,34	507,72	0,51
SAF _{R3}	44	22,61	14,2	0,34	620	161,11	0,16	209,24	0,21

