



**ANA FLÁVIA DE FREITAS**

**DESENVOLVIMENTO DE CAFEIROS CONSORCIADOS  
COM ESPÉCIES MADEIREIRAS**

**LAVRAS - MG  
2020**

**ANA FLÁVIA DE FREITAS**

**DESENVOLVIMENTO DE CAFEIROS CONSORCIADOS COM ESPÉCIES  
MADEIREIRAS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Dra. Vânia Aparecida Silva  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

De Freitas, Ana Flávia.  
/ Ana Flávia de Freitas. - 2020.  
107 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.  
Coorientador(a): Vânia Aparecida Silva.  
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2020.  
Bibliografia.

1. Café. 2. Consórcio. 3. Arbóreas. I. Carvalho, Gladyston Rodrigues. II. Silva, Vânia Aparecida. III. Título.

**ANA FLÁVIA DE FREITAS**

**DESENVOLVIMENTO DE CAFEIROS CONSORCIADOS COM ESPÉCIES  
MADEIREIRAS**

**DEVELOPMENT OF COFFEE CONSORTIATED WITH TIMBER SPECIES**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 19 de fevereiro de 2020.

Dr. João Paulo Felicori Carvalho	UNICERP
Dr. Rubens José Guimarães	UFLA
Dr. André Dominghetti Ferreira	EMBRAPA
Dra. Vânia Aparecida Silva	EPAMIG

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho  
Orientador

Dra. Vânia Aparecida Silva  
Coorientadora

**LAVRAS-MG  
2020**

*A todos que depositaram confiança em mim...*

*Em especial, minha mãe e minha irmã.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por ter tornado tudo possível. Imensa gratidão.

À minha mãe e à minha irmã, pelo incentivo e amor incondicional.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, pela oportunidade de realização do curso de Doutorado.

Às instituições que apoiaram com recurso financeiro, concessão de bolsa de estudo e disponibilização de recursos financeiros: CAPES, EPAMIG e o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

O presente trabalho foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Ao pesquisador Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho, pela amizade, suporte, orientação, aprendizado, paciência, oportunidade e pelo grande exemplo profissional.

Ao pesquisador Dr. Cesar Botelho e ao Dr. André Dominghetti pela presença e assistência ao ensino.

À Dra. Vânia Aparecida Silva, pela coorientação, competência e colaboração com seus conhecimentos.

Ao Dr. Regis Pereira Venturin e ao Dr. Rodrigo Luz da Cunha, pela disposição e parceria para a realização deste trabalho.

À Fazenda da Lagoa pertencente ao grupo NKG (*Neumann Kaffee Gruppe*) pela oportunidade e apoio para a realização do experimento da tese.

Ao Patrik Avelar Lage e ao Joaquim Aguiar Paiva, pela imensa disponibilidade, atenção e carinho

A todos os membros do grupo EPAMIGOs, em especial ao Denis, à Larissa, Priscila, Cyntia, Arley, Diego e ao Capelinha, deixando o caminho mais leve.

Aos amigos, Letícia Reis e Filipe Valeriano, e aos meus primos Freitas, pela motivação para a realização deste trabalho.

E, finalmente, agradeço a todos que me ajudaram, direta ou indiretamente, para o desenvolvimento deste trabalho, para que este momento se realizasse.

**MUITO OBRIGADA!**

## RESUMO

A cafeicultura no Brasil gerou um crescimento econômico de notória relevância ao longo de sua história e possibilitou ao país destacar-se como maior produtor de café do mundo. No entanto, verifica-se que muitos impactos sócio-ambientais foram desencadeados a partir do cultivo a pleno sol, colocando as atividades agrícolas vulneráveis as consequências advindas das mudanças climáticas. Portanto, objetiva-se avaliar a influência temporal do cafeeiro sob a interferência de diferentes espécies arbóreas em função do espaçamento quanto: i) aos impactos do consórcio sobre a ecofisiologia ii) a influência no desenvolvimento vegetativo e produtivo; iii) a qualidade sensorial e produtividade do cultivo do cafeeiro. O ensaio foi instalado no município de Santo Antônio do Amparo-MG em 2012. Conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os sete tratamentos foram: cultivar Catuai IAC 99 em monocultivo (3.40m x 0.65m) e consorciada com o mogno-africano, teca e acrocarpo, em dois espaços (9 x 13.6m e 18 x 13.6m), na linha dos cafeeiros. Nas entrelinhas foram implantadas três linhas de café, no total de 13.6 m. As análises fisiológicas foram realizadas no ano de 2015 à 2018 nas épocas chuvosa e seca: A (Fotossíntese), gs (Condutância estomática), E (Transpiração), EUA (Eficiência do uso da água), DPV (Déficit de pressão de vapor), T (Temperatura), U (Umidade), R (Radiação), NDVI (Índice de Vegetação por Diferenciação Normalizada), WBI (Índice de Banda de água), ARI1 (Índice de Reflectância de Antocianinas), SIPI (Índice de Pigmentos Independentes de Componentes Principais), FRI (Índice de Reflectância de Flavonoides), MPa (Potencial hídrico). Em cada ano foi avaliada a produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>). Quanto ao desenvolvimento vegetativo foram avaliados a altura (m), diâmetro de caule (cm), diâmetro de copa (m), para o cafeeiro. Foram avaliados também a maturação dos frutos (%), análise sensorial (prova de xícara) de grãos, análise de conteúdo dos atributos sensoriais e rendimento (l/sc). A partir dos resultados o cafeeiro em sistema agroflorestal apresentou os menores valores de DPV e T em relação ao monocultivo, principalmente na época chuvosa. A altura do cafeeiro foi influenciada pelas espécies arbóreas. O sistema consorciado com as espécies arbóreas não influenciou a produtividade do cafeeiro até a 3ª safra, porém para a 5ª safra onde o consórcio com o mogno foi positivo, embora, a produtividade acumulada não tendo apresentado efeito de tratamentos. A análise sensorial foi alterada positivamente quando em consórcio, no ano de 2018. Os atributos sensoriais e as nuances são modificados pelos anos de colheita.

**Palavras-chave:** Café. Consórcio. Fisiologia. Desenvolvimento vegetativo. Cafés especiais.

## ABSTRACT

Coffee cultivation in Brazil generates economic growth of relevant importance throughout its history and allows the country to stand out as the largest coffee producer in the world. However, many socio-environmental impacts have been triggered from the predominance of cultivation in full sun, placing vulnerable agricultural activities as advanced consequences of climate change. Therefore, the present work aims to evaluate the temporal influence of coffee under the interference of different tree species in spacing functions regarding: i) the impacts of intercropping on ecophysiology; ii) the impacts on the vegetative and productive development and iii) sensory quality and coffee cultivation. The experiment was installed in Santo Antônio de Amparo, state of Minas Gerais, in 2012. A randomized block design (RBD) with four replications was used, as follows: cultivar Catuai IAC 99 in monoculture (3.40m x 0.65m) and intercropped with African mahogany, teak and acrocarp, using two spacing (9 x 13.6m and 18 x 13.6m) in the coffee trees lines. Between the lines, three coffee lines were implemented, totaling 13.6 m. The following physiological analyzes were performed from 2015 to 2018 in the rainy and dry seasons: A, gs, E, DPV, T, U, R, NDVI (Normalized difference vegetation index) WB1(Water band index ), ARI1 (Anthocyanin reflectance index), SIPI, PRI (Photochemical reflectance index ) and MPa (Water band index). Productivity (bags ha<sup>-1</sup>) was evaluated each year. As for vegetative development, height (m), stem diameter (cm) and crown diameter (m) were evaluated for coffee trees. They were also subjected to fruit ripening (%), sensory analysis (coffee proof) of grains, content analysis of sensory attributes and yield (l/sc). The lowest values of DPV and T were found for coffee cultivated in the agroforestry system, mainly in the rainy season. Plant height was influenced by the tree species. The system intercropped with tree species did not influence coffee productivity until the 3rd harvest. Nevertheless, for the 5th harvest, intercropping with mahogany was positive, although the treatment did not influence the accumulated productivity. The sensory analysis was positively altered in the intercropping system in the year 2018. The sensory attributes and nuances are modified by the years of harvest.

**Keywords:** Coffee. Intercropping. Physiology. Vegetative development. Special coffees.



## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b>	
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO ..... 10</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO ..... 12</b>
<b>2.1</b>	<b>Cultura do cafeeiro ..... 12</b>
<b>2.2</b>	<b>Espécies em consórcio ..... 12</b>
<b>2.3</b>	<b>Sistema agroflorestal na fisiologia do cafeeiro ..... 14</b>
<b>2.4</b>	<b>Qualidade da bebida cafeeira ..... 15</b>
	<b>REFERÊNCIAS..... 18</b>
	<b>SEGUNDA PARTE – ARTIGOS* ..... 23</b>
	<b>ARTIGO 1 - IMPACTOS DO CONSÓRCIO DE ESPÉCIES MADEIREIRAS SOBRE A ECOFISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DO CAFEEIRO ARÁBICA ..... 24</b>
	<b>ARTIGO 2 - INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS SOBRE O CRESCIMENTO DE PRODUTIVIDADE DO CAFEEIRO ARÁBICA ..... 50</b>
	<b>ARTIGO 3 - PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SENSORIAL DE GRÃOS DE CAFEEIRO ARÁBICA EM CONSÓRCIO EM ESPÉCIES MADEIREIRAS ..... 71</b>
	<b>ANEXOS ..... 97</b>

## **PRIMEIRA PARTE**

## 1 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira é representada por extensas áreas de monocultivo a pleno sol, apesar do fato do café ser uma espécie originária de florestas caducifólias da Etiópia (VALENTINI et al., 2010). As lavouras nacionais são implantadas em sistemas de monocultivo, sem árvores (MOREIRA, 2004), colocando as atividades agrícolas vulneráveis às consequências advindas das mudanças climáticas na distribuição das chuvas, na temperatura e outros fatores que interfiram no ciclo de produção e na vegetação, podendo implicar em menores safras e baixa qualidade dos produtos (IPCC, 2014).

Apesar da grande produtividade encontrada nos plantios de café do Brasil, a cafeicultura só será capaz de proporcionar rentabilidade e sustentabilidade à medida em que os cafeicultores obtiverem retornos financeiros e ambientais positivos e simultâneos. Para isso, faz-se necessário a adoção de uma gestão voltada para o manejo ambientalmente mais correto da lavoura, adequando as boas práticas agrícolas (PRADO, 2014).

Segundo Ringler et al. (2014), ao aumentar a produtividade agrícola de forma sustentável, pode-se impactar positivamente a oferta de alimentos, usando menos recursos e minimizando os impactos ambientais negativos, aumentando a resiliência da agricultura (MBOW et al., 2014a).

A opção pelo uso dos sistemas agroflorestais (SAFs), proporciona características favoráveis para a agricultura, principalmente no quesito solo e água, além de oferecer renda adicional ao produtor (OLIVEIRA et al., 2016; SHARMA et al., 2016). Os SAFs visam a estabilização microclimática (CARVALHO et al., 2016) proporcionando condições ideais para o cafeeiro (NETO, 2014), minimizando a exposição das plantas aos riscos climáticos.

Assim, a pesquisa brasileira vem sendo impulsionada na busca de soluções mais sustentáveis e economicamente viáveis, com preocupações com a qualidade dos alimentos, bem como, questões socioambientais crescentes por parte dos consumidores. Entretanto, uma das grandes dificuldades em se estabelecer os SAFs está no arranjo das árvores dentro da área de cultivo e como elas poderão influenciar positiva ou negativamente o sistema, após seu desenvolvimento. As árvores podem interferir de várias maneiras na produtividade das demais culturas associadas e, conseqüentemente, na economia e sustentabilidade dos agricultores (ALVES et al., 2015).

Desse modo, as informações contidas em cada um desses estudos são importantes, pois é a partir da integração de todo o conhecimento que se atingirá o aprimoramento necessário para o completo entendimento da interação/relação entre os consórcios. É necessário conhecer

os potenciais benefícios e prejuízos das espécies arbóreas, como também o comportamento das mesmas pelo arranjo associadas com os cafeeiros, que tradicionalmente são cultivados a pleno sol na maioria das regiões (JARAMILLO-BOTERO et al., 2008).

Portanto, objetivou-se avaliar a influência temporal no comportamento vegetativo e fisiológico do cafeeiro sob a interferência de diferentes espécies arbóreas, em função do espaçamento, que possibilitem a produtividade adequada e a qualidade da sustentabilidade do cultivo do cafeeiro.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Cultura do cafeeiro**

A espécie *Coffea arabica* L. se destaca na cafeicultura do Brasil, possui uma área plantada de 1,74 milhão de hectares e uma produção de 38,16 milhões de sacas para o ano de 2019, contribuindo positivamente na balança comercial brasileira (CONAB, 2019). A produção de café é o produto mais importante no mundo, depois do petróleo, em termos de exportações (MISHRA; SLATER, 2012), e geração de renda (LUEDELING et al., 2014). Importante também destacar que o café é a bebida mais consumida do mundo depois da água (ZELBERSAGI et al., 2015), evidenciando a grande importância da atividade cafeeira.

A região produtora do Brasil concentra-se no centro-sul do país, com destaque para o estado de Minas Gerais, maior produtor nacional, e o primeiro café brasileiro a receber um certificado de indicação geográfica. Minas Gerais conta com três grandes regiões cafeeiras: Sul, Zona da Mata e Cerrado (PINO; VEGRO, 2008). Contudo, não basta apenas produzir, mas produzir com qualidade, respeitando o mercado consumidor e o meio ambiente.

No sul de Minas Gerais, variações no clima caracterizadas por episódios de seca ou distribuição irregular de chuvas têm sido observadas com frequência, principalmente nos últimos anos. Tais condições associadas com extremos de temperatura causam estresse ao cafeeiro. Diante dessa adversidade, a arborização pode ser uma estratégia para melhorar as condições microclimáticas do cafezal, além de proporcionar uma renda alternativa proveniente das espécies madeireiras cultivadas com o cafeeiro (GOMES et al., 2008).

Dessa forma, novas possibilidades de cultivo disseminam enquanto opção tecnológica capaz de beneficiar os segmentos sociais, econômicos e ambientais, sendo a temática café com floresta, um interesse que desperta na atualidade como condição de práticas agrícolas mais sustentáveis.

### **2.2 Espécies em consórcio**

A forma de implantação dos sistemas de integração, e a escolha das espécies arbóreas, são consideradas ponto crítico do planejamento do sistema agroflorestal. É imprescindível considerar o potencial invasivo e os efeitos nocivos que as árvores poderiam ter sobre o cultivo do cafeeiro. Dentre os efeitos deletérios, cita-se o excesso de sombreamento, a deposição excessiva de serapilheira e o efeito alelopático (MELOTTO et al., 2012).

Os mesmos autores afirmam que existe ainda, o risco associado ao plantio de espécies que possam se tornar economicamente desinteressantes com o passar do tempo. Isso pode ocorrer com eventuais mudanças no potencial de comercialização de produtos ou até mesmo devido a eventuais restrições ambientais para a exploração dessas espécies.

Dentre as espécies nativas madeireiras do Brasil, mais cultivadas em SAFS são: Canafístula (*Peltophorum dubium*), Paricá (*Schizolobium amazonicum*), Cedro rosa (*Cedrella fissilis* Vell.), Baru (*Diptery xalata* Vogel), e Louro pardo (*Cordia trichotoma* Vell.). E as madeireiras exóticas: Eucalipto, Grevíia (*Grevillea robusta* Cunn), Cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem.), Acácia mangium (*Acacia mangium* Willd.), Nin (*Azadirachta indica* A. Juss), Teca (*Tectona grandis* L. f.). Apesar destas espécies, o produtor tem que buscar por espécies mais adequadas para sua condição e seus objetivos, desenvolvendo um modelo que produza resultados técnicos, econômicos, sociais e ambientais positivos (BUNGENSTAB, 2012).

Neste contexto, as espécies da árvore selecionada ou seu arranjo espacial dentro do sistema, resultam em diferentes mudanças no microclima (OLIVEIRA et al., 2015), interferindo diretamente na cultura de interesse.

No Brasil, diversas plantas têm sido estudadas como alternativas para o cultivo consorciado com café, como a seringueira [*Hevea brasiliensis* (Willd.ex A. Juss.) Müll. Arg.] (ANDROCIOLOI et al., 2018), ingazeiro [*Inga sessilis* (Vell.) Mart.], a leucena [*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit.], o cedro australiano [*Toona ciliata* var. *australis* (F. Muell.) Bahadur] (GUIMARÃES et al., 2014), a teca (*Tectona grandis* L. f.) (MACEDO et al., 2004), a macadâmia (*Macadamia integrifolia* Maiden & Betche) (PERDONÁ et al., 2012), a eritrina (*Erythrina vernana* Vell.), a bananeira (*Musa spp.*) (RICCI; COSTA; OLIVEIRA, 2011), o coqueiro anão (*Cocos nucifera* L.) (PEZZOPANE et al., 2011), e o mogno (*Swietenia macrophylla*) (SILVEIRA et al., 2016), dentre outras.

Já em países como Costa Rica, México e Colômbia os SAFs com café são muito difundidos e usados com arbóreas leguminosas como *Gliricidia sepium* Jacq., *Inga edulis* Mart. e *Erythrina poeppigiana* Walpers. Estas espécies apresentam alto conteúdo de nitrogênio foliar, capacidade de fixação de nitrogênio atmosférico e grande aporte de nitrogênio a partir dos nódulos e da decomposição de biomassa aérea depositada na serapilheira. Contribuindo com a melhoria da ciclagem de nutrientes e algumas espécies arbóreas possuem mecanismos que permitem aproveitar os recursos limitados para o seu próprio benefício, como a capacidade de competição com a cultura, que vai depender da sincronia dos estádios fenológicos das plantas. (JARAMILLO-BOTERO, 2008).

Neste sentido, apesar de muitas vantagens das espécies em consórcio apropriar-se do sistema de cultivo, às vezes é um método desestimulador aos produtores pelo fato da obtenção de renda não ser imediata como o sistema em monocultivo (FAO, 2013). A restrição também deve-se à competição do componente arbóreo e à legislação para corte das árvores e manejo inadequado do sistema (TINTORI, 2014), além das dificuldades de tornar um sistema totalmente mecanizado.

### **2.3 Sistema agroflorestal na fisiologia do cafeeiro**

O uso da arborização tem o objetivo de atenuar a incidência direta da radiação solar, o que pode reduzir extremos, como as elevadas temperaturas que ocorrem durante o dia e baixas temperaturas durante a noite (PINTO NETO et al., 2014). A estabilização da temperatura pode auxiliar no desenvolvimento do grão de café, reduzindo o estresse térmico da planta.

Ricci, Junior e Almeida (2013), trabalhando com sombreamento do cafeeiro, observaram temperaturas máximas do ar mais elevadas, no cultivo do cafeeiro a pleno sol. Nas estações primavera e verão, as temperaturas máximas foram, respectivamente, 3,9 °C e 4,75 °C mais elevada que as temperaturas máximas dos sistemas arborizados. No outono e inverno, as temperaturas mínimas médias observadas no cultivo a pleno sol foram significativamente menores que as observadas no cultivo do cafeeiro com gliricídia, sendo respectivamente, 1,80 °C e 1,40 °C menor.

Sistemas arborizados reduzem a temperatura máxima em até 3 °C em dias mais quentes, auxiliando os processos fenológicos da floração e frutificação, que são estágios críticos durante a primavera e o verão (VALENTINI et al., 2010). Baliza et al. (2012a) constataram que diferentes níveis de sombreamento e modificações sazonais (período chuvoso e seco) promovem alterações nas características fisiológicas do cafeeiro.

Com o aquecimento global, elevadas temperaturas e déficit hídrico são frequentes, afetando diretamente o cafeeiro. Os sistemas agroflorestais podem ser uma alternativa, pois proporcionam a modificação do microclima (MANCUSO; SORATTO; PERDONÁ, 2013). Interferir na quantidade de radiação incidente pode alterar também, valores de evapotranspiração, modificando o regime hídrico do sistema, afetando também a umidade relativa do ar e a temperatura (SOARES et al., 2015), interferindo também no processo de abertura e fechamento dos estômatos (LÓPEZ- BRAVO; VIRGINIO-FILHO; AVELINO, 2012).

Os sistemas agroflorestais (SAFs) são sistemas complexos, onde ocorrem diversas

interações que podem modificar o regime hídrico no solo. Muito se tem falado na capacidade desses sistemas de manejo em apresentarem maior eficiência no uso da água (EUA) já que um sistema de manejo é mais eficiente quando as perdas por drenagem, evaporação ou escoamento superficial são reduzidas (SILVEIRA et al., 2016). Logo, no contexto de aquecimento global, armazenar água e utilizá-la com eficiência é de suma importância.

As folhas de sol e sombra têm algumas características contrastantes. Em ambientes com abundância de luz (folhas de sol), as folhas tendem a ter mais rubisco e xantofila maior que as folhas de sombra, bem como aumento na área do mesofilo, redução dos teores de clorofilas, redução da área foliar e geralmente folhas mais espessas. Já as folhas expostas à baixa luminosidade (folhas de sombra), têm mais clorofila por centro de reação, a razão entre clorofila *b* e *a* é mais alta e geralmente são mais finas do que as folhas de sol. As plantas que crescem sob luz solar plena apresentam aumentos na fotossíntese, quando comparadas a plantas que crescem à sombra. Assim, quando expostas ao excesso de luz, as folhas devem dissipar o excedente de energia luminosa absorvida, de modo que não prejudique o aparelho fotossintético (BATISTA et al., 2010).

Segundo Siles, Harmand e Vaast (2010), quando o sistema consorciado já está estabelecido com as plantas atingindo seu crescimento ideal, há uma complementariedade na distribuição entre as raízes do cafeeiro, que são mais superficiais, e das arbóreas consorciadas, que são mais profundas, resultando em uma baixa competitividade por água e nutrientes do solo, aumentando a eficiência em exploração do solo, refletindo na melhoria das funções da parte aérea.

As plantas de café arábica cultivadas na sombra moderada sofrem menos estresses ambientais, apresentando respostas ao uso de luz mais eficientes que aqueles cultivados em pleno sol (BOTE; STRUIK, 2011).

O nível de radiação o qual as plantas consorciadas estão expostas podem afetar diretamente o crescimento, estruturas, funções e componentes do processo fotossintético (LEE et al., 2000). Neste contexto, a quantidade de luz que penetra o dossel e a densidade das árvores é de grande importância para a cultura em fotossíntese e demanda por nutrientes e água.

## 2.4 Qualidade da bebida cafeeira

O Brasil é conhecido internacionalmente como produtor de cafés *commodity*, ainda com pouca diferenciação, quando comparados aos cafés originados da América Central, África e Ásia, conhecidos pelos seus atributos sensoriais diferenciados e, portando, classificados como



cafés especiais. Porém, vem se destacando cada vez mais, a participação do Brasil no mercado de cafés diferenciados (RIBEIRO, 2013a).

Estes cafés especiais apresentam qualidade superior e, por isso, há um maior detalhamento das características presentes nos cafés, de forma a identificar os potenciais que a bebida pode fornecer, o que não acontece com os cafés padrões (BSCA, 2015).

Assim, os incentivos aos produtores para começarem a produzir cafés especiais tem resultado em aumento do interesse dos mesmos em conhecer a qualidade de seu produto. Isto fica evidente no estado de Minas Gerais, que além de ser o maior produto nacional de café arábica, possui condições ambientais diversificadas favoráveis à cultura (PAIVA, 2005).

No cafeeiro, a qualidade do grão, depende de diversos fatores como o ambiente de cultivo (SILVA et al., 2016; ZAIDAN et al., 2017), afetando diretamente a quantidade de fotoassimilados disponíveis, principalmente na fase enchimento de grãos. Em cultivos a pleno sol o período de crescimento de grão é encurtado, há um menor acúmulo de fotossintatos e, assim, uma menor qualidade de bebida, ou seja, aponta o monocultivo como maturação incompleta (VAAST et al., 2006).

Porém, as plantas sombreadas podem fornecer grãos de café de melhor qualidade, favorecendo um lento amadurecimento, o que permite um maior tempo para completar o enchimento do grão, além de mudanças nas composições químicas dos frutos (FAGAN et al., 2011). O amadurecimento do fruto em temperaturas mais baixas é retardado pelo fato das plantas requererem maior temperatura para esse processo, do que o necessário para o crescimento das partes vegetativas (CUNHA; VOLPE, 2011).

Lunzetal (2007), estudando cafeeiro em consórcio com a seringueira, obteve um aumento no tamanho dos grãos, bem como melhoria na qualidade de bebida à medida que intensificava o sombreamento. O sombreamento mostra-se vantajoso, por isso, é muito difundido em diversos países, para a produção de cafés especiais (MANCUSO et al., 2013).

Tavares et al. (2011) afirmam que em condições climáticas extremas, como por exemplo, o aumento da temperatura, acarreta no desenvolvimento acelerado das fases fenológicas, como florescimento e maturação, diminuindo o ciclo e causando má formação dos frutos, e conseqüente perda de produtividade e qualidade, devido à passagem rápida do estágio cereja para passa ou seco, aumentando as possibilidades de ocorrer fermentações indesejáveis, que são prejudiciais à bebida, como também à peneira baixa dos frutos, diminuindo a rentabilidade. Assim, o café em sistemas agroflorestais é beneficiado pelas mudanças no microclima, contribuindo com a regulação térmica do ar, diminuindo sua variação ao longo do dia, tornando assim, um ambiente mais estável.

As regiões de produção de cafés especiais que se destacam, também apresentam grandes variações ambientais que fazem com que a qualidade do café se expresse de maneiras distintas. Borém e Friedlander (2009) caracterizam estas relações entre o ambiente e as características sensoriais predominantes da bebida dos cafés produzidos em algumas destas regiões. Nas regiões com estação seca bem definida, como o Cerrado mineiro e Chapada, os cafés caracterizam-se pelo aroma intenso com notas de chocolate, caramelo e nozes, acidez delicada, corpo moderado, sabor adocicado com finalização longa, diferenciando do Sul de Minas e Matas de Minas.

Dessa forma, contribuindo com as exigências do mercado, vêm sendo considerados cada vez mais os atributos higiênico-sanitários, as características sensoriais do produto, além dos aspectos relacionados à proteção ambiental e à valorização social na produção de cafés especiais (BORÉM et al., 2008), o que gera valor agregado ao produto, ou seja, todos estes processos tem que estar alinhados para que o produto final seja satisfatório ao consumidor.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, E.P. et al. Economic analysis of a coffee-banana system of a family-based agriculture at the Atlantic forest zone, Brazil. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 3, p. 232-239, 2015.
- ANDROCIOLI, H. G.; HOSHINO, A. T.; JÚNIOR, A. O. M.; MORAIS, H.; BIANCO, R.; CARAMORI, P. H. Coffee leaf miner incidence and its predation by wasp in coffee intercropped with rubber trees. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 3, p. 389-400, 2018.
- BALIZA, D. P. et al. Physiological characteristics and development of coffee plants under different shading levels. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 7, n. 1, p. 37-43, 2012a.
- BALIZA, D. P. et al. Physiological quality of coffee seeds produced under different levels of solar radiation and maturation stages. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n. 3, p. 416-423, 2012b.
- BATISTA, L. A. et al. Anatomia foliar e potencial hídrico na tolerância de cultivares de café ao estresse hídrico. **Ciência Agrônômica**, Fortaleza, v. 1, n.3, p. 475-481, 2010.
- BORÉM, F.M.; FRIEDLANDER, D. Navigating origins. **Roast Magazine**, Portland, p. 94-95, 2009.
- BORÉM, F. M. et al. Quality of natural and washed coffee after drying on ground and with high temperature. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1609- 615, 2008.
- BOTE, A. D. E.; STRUIK, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, Kolkata, v. 3, n. 11, p. 336-341, 2011.
- BSCA. **Brazil Specialty Coffee Association**. 2015. <Disponível em: <http://bsca.com.br/bsca>> Acesso: em 15 jan. 2017.
- BUNGENSTAB, D. J. **Sistema de integração lavoura-pecuária-floresta a produção sustentável**. 2. ed. Brasília: Embrapa, 2012, 239 p.
- CAMARORI, P. H.; ANDROCIOLI FILHO, A; BAGGIO, A. J. Shading of coffee trees with Grevillea robusta in northern Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, Curitiba, v. 38, n.4, p. 1031-1037, 1995.
- CARVALHO, G. L.; MARIA, C. I.; SÁ, M. E.; ALVES, F. R. B.; SCHIAVON, L.V.; SENA, O. T 2016. **Agricultural and Forest Meteorology**. Disponível: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.agrformet.2016.05.001>>. Acesso: 15 nov. 2018.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Levantamento CONAB da safra de café**. 2019. Disponível em: <[http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/conab\\_safra2019\\_n1.pdf](http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/conab_safra2019_n1.pdf)>. Acesso em: 22 jul. 2019.

- CUNHA, A. R.; VOLPE, C. A. Curvas de crescimento do fruto de cafeeiro cv. Obatã IAC 1669-20 em diferentes alinhamentos de plantio. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 49-62, 2011.
- FAGAN, E.B. et al. Efeito do tempo de formação do grão de café (*Coffea* sp.) na qualidade da bebida. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n.5, p.729-738, 2011.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Advancing agroforestry on the policy agenda: a guide for decision-makers**. Rome, 2013.
- GOMES, I. A. C. E. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de *Coffea arabica* L. cv. “oeiras” sob influência do sombreamento por *Acácia mangium wild*. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n.1, p.109-115, 2008.
- GUIMARÃES, G. P. et al. Stocks and oxidizable fractions of soil organic matter under organic coffee agroforestry systems. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n.1, p. 132-141, 2014.
- IPCC. Intergovernmental Panel On Climate Change. **Impacts, Adaptation, and Vulnerability**. Field, C. et al. (Eds.). Geneva: IPCC, 2014.
- JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Produção de serapilheira e aporte de nutrientes de espécies arbóreas nativas em um sistema agroflorestal na Zona da Mata de Minas Gerais. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 32, n. 5, p. 869-877, 2008.
- LEE, D.W. et al. Effects of irradiance and spectral quality on leaf structure and function in seedlings of two southeast Asian Hopea (Dipterocarpaceae) species. **American Journal of Botany**, Columbus, v. 87, n. 4, p. 447-455, 2000.
- LÓPEZ-BRAVO, D.F.; VIRGINIO-FILHO, E. M.; AVELINO, J. Shade is conducive to coffee rust as compared to full sun exposure under standardized fruit load conditions. **Crop protection**, v. 38, p.21-29, 2012.
- LUNZ, A. M. P.; BERNARDES, M. S.; RIGHI, C. A.; COSTA, J. D.; FAVARIN, L.; CORTEZ, J. G. Qualidade do café arabica em sistema agroflorestal de seringueira (*Hevea brasiliensis* Müell. Arg.) e em monocultivo. **Anais.. Águas de Lindóia**: [s.n.], 2007.
- MACEDO, R. L. G. et al. Estabelecimento de *Tectona grandis* L. f. (Teca) em sistemas agroflorestais com *Coffea arabica* L. em Lavras-MG. **Agrossilvicultura**, Viçosa, v. 1, n. 1, p. 71-80, 2004.
- MBOW, C. et al. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, v. 6, p. 61-67, 2014a.
- MANCUSO, M.A.C.; SORATTO, R. P.; PERDONÁ, M. J. Produção de café sombreado. **Colloquium Agrariae**, Presidente Prudente, v. 9, n. 1, p. 31-44, 2013.
- MISHRA, M.K.; SLATER, A. **Recent Advances in the Genetic Transformation of Coffee**. Review Article. *Biotechnology Research International*. 2012, 17 p.

MELOTTO, A. M.; LAURA, V. A. In: BUNGENSTAB, D. J. Espécies florestais em sistemas de produção em integração. 2. ed. Brasília: Embrapa. Cap. 8, p. 96-119, 2012.

MOREIRA, C. F. **Caracterização de sistemas de café orgânico sombreado e a pleno sol no sul de Minas Gerais.** 2004. 78 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2004.

NETO, J. N. P.; ALVARENGA, M. I. N.; CORREA, M. P.; OLIVEIRA, C. C. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em sistema agroflorestal. **Coffea Science**, Lavras, v. 9, n. 2, p. 187-195, 2014.

OLIVEIRA, C.C.; ALVARENGA, M.I.N.; MELLONI, R.; NETO, J.N.P.; PINHEIRO, L.B.A.; MELLONI, E.G.P.; MADEIRA, C.L. 2016. **Revista Brasileira de Geografia Física** 9. Disponível em: <<https://periodicos.ufpe.br/revistas/rbgfe/article/view/233889>>. Acesso: 9 dez. 2018.

OLIVEIRA, F. L. R.; CABACINHA, C. D.; SANTOS, L. D. T.; BARROSO, D. G.; JÚNIOR, A. S.; BRANT, M. C.; SAMPAIO, R. A. Crescimento inicial de eucalipto e acácia, em diferentes arranjos de integração lavoura-pecuária-floresta. **Cerne**, v. 21, n.2, p. 227-233, 2015.

PAIVA, E. F. F. **Análise sensorial dos cafés especiais do estado de Minas Gerais.** 2005. 55 p. Dissertação (Mestrado Strictu Sensu em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

PERDONÁ, M. J. et al. Crescimento e produtividade de noqueira-macadâmia em consórcio com cafeeiro arábica irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 11, p. 1613-1620, 2012.

PEZZOPANE, J. R. M. et al. Alterações microclimáticas em cultivo de café conilon arborizado com coqueiroanão- verde. **Revista Ciência Agronômica**, Campinas, v. 42, n. 4, p. 865-871, 2011.

PINO, F. A.; VEGRO, C. L. R. **Café um guia de apreciador.** 4. ed. rev. e atual. São Paulo: Saraiva. 2008, 200 p.

PINTO NETO, J. N. et al. Efeito das variáveis ambientais na produção de café em um sistema agroflorestal. **Coffee Science**, Lavras, n. 9, n. 2, p. 187–195, 2014.

PRADO, A. S. **Boas práticas agrícolas e certificação na cafeicultura.** 2014. Dissertação, Universidade Federal de Lavras (UFLA), Programa de Pós-Graduação em Administração. Lavras, MG. 2014.

RIBEIRO, F. C. **Métodos alternativos para armazenamento de cafés especiais.** 2013a. 107 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013<sup>a</sup>.

RICCI, M. S. F.; JUNIOR, D. G. C.; ALMEIDA, F. F. D. Condições microclimáticas, fenologia e morfologia extrema de cafeeiros em sistemas arborizados e a pleno sol. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 3, p. 379-388, 2013.

RICCI, M. S. F.; COSTA, J. R.; OLIVEIRA, N. G. Utilização de componentes principais para analisar o comportamento do cafeeiro a pleno sol e sombreado. **Coffee Science**, Lavras, v. 6, n. 1, p. 44-54, 2011.

RINGLER, C. et al. Sustainable agricultural intensification: the promise of innovative farming practices. In: International Food Policy Research Institute (IFPRI). 2013 **Global Food Policy Report**. Washington, DC, 2014. p. 43-51.

SHARMA, N.; BOHRA, B.; PRAGYA, N.; CIANNELLA, R.; DOBIE, P.; LEHMANN, S.; 2016. Bioenergy from agroforestry can lead to improved food security, climate change, soil quality, and rural development. **Food and Energy Security** 5. Disponível em:<<http://10.1002/fes3.87>>Acesso: 12 dez. 2018.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST, P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**, Dordrecht, v. 78, n. 3, p. 269-286, 2010.

SILVA, P. A.; OLIVEIRA, M. G. de; COELHO, P. de O.; SILVA, J. A. C. da. Quality of coffee cultivated in Campos Gerais, Minas Gerais. **Acta Scientiarum Technology**, v.3 8, n. 1, p. 1-5, 2016.

SILVEIRA, H. R. O.; SANTOS, M. O.; SILVA, V. A.; VENTURIN, R. P.; VOLPATO, M. M. L.; DANTAS, M. F.; CARVALHO, G. R.; SETOTAW, T. A.; MOREIRA, F. C.; BARBOSA, J. P. R. A. D.; RESENDE, M. L. V. Impactos da deficiência hídrica nas respostas ecofisiológicas e espectrais do cafeeiro consorciado com espécies madeireiras. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 318-328, 2016.

SOARES, M. M. et al. Estresse hídrico e salino em sementes de soja classificadas em diferentes tamanhos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 45, n. 4, p. 370-378, 2015.

TAVARES, P. S. et al. Duração dos estádios fenológicos, floração-maturação, do cafeeiro (*Coffea arabica* L.), baseada nas projeções climáticas do modelo eta/cptec (cenário a1b). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA. 2011. 17., **Anais...** Guarapari, ES, 18 a 21 de julho de 2011.

TINTORI, J. L. **Avaliação de *Coffea arabica* L. cultivado em sistema convencional e dentro de um fragmento florestal no sul do Espírito Santo**. 2014. Monografia (Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciências florestal e da Madeira. Espírito Santo, 2014.

VAAST P.; BERTRAND, B.; PERRIOT, J. J.; GUYOT, B.; GENARD, B. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal condition. **Journal of the Science of Food and Agriculture** , v. 86, p. 197- 204, 2006.

VALENTINI, L. S. P. et al. Temperatura do ar em sistemas de produção de café arábica em monocultivo e arborizados com seringueira e coqueiro-anão na região de Mococa, SP. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 4, p.1005-1010, 2010.

ZAIDAN, U. R.; CORRÊA, P. C.; FERREIRA, W. P. M.; CECON, P. R. Ambiente e variedades influenciam a qualidade de cafés das Matas de Minas. **Coffee Science**, v. 12, n. 2, p. 240-247, 2017.

ZELBER-SAGI, S.; SALOMONE, F.; WEBB, M.; LOTAN, R.; YESHUA, H.; HALPERN, Z.; SANTO, E.; OREN, R.; SHIBOLET, O. Coffee consumption and nonalcoholic fatty liver onset: a prospective study in the general population. **Translational Research**, v. 165, p. 428-436, 2015.

**SEGUNDA PARTE – ARTIGOS\***



## ARTIGO 1

**IMPACTOS DO CONSÓRCIO DE ESPÉCIES MADEIREIRAS SOBRE A  
ECOFISIOLOGIA DA PRODUÇÃO DO CAFEIEIRO ARÁBICA**

*Normas Revista Ciência e Agrotecnologia (Versão preliminar de artigo)*

**RESUMO**

A introdução do componente arbóreo no cultivo de café, proporciona microclimas favoráveis a fisiologia do cafeeiro melhorando a produtividade. Assim, objetivou-se avaliar os impactos do consórcio de espécies madeireiras sobre a ecofisiologia do cafeeiro. O ensaio foi instalado em Santo Antônio do Amparo-MG em 2012. Conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os sete tratamentos foram: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 em monocultivo (3.40m x 0.65m) e consorciada com o mogno-africana, teca e acrocarpo, em dois espaços (9 x 13.6m e 18 x 13.6m), na linha dos cafeeiros. Foram avaliadas as variáveis desde 2015 à 2018 na época chuvosa e seca: A (Fotossíntese), gs (Condutância estomática), E (Transpiração), EUA (Eficiência do uso da água), DPV (Déficit de pressão de vapor), T (Temperatura), U (Umidade), R (Radiação), NDVI (Índice de Vegetação por Diferenciação Normalizada), WBI (Índice de Banda de Água), ARI1 (Índice de Reflectância de Antocianinas), SIPI (Índice de Pigmentos Independentes de Componentes Principais), FRI (Índice de Reflectância de Flavonoides), MPa (Potencial hídrico). Em cada ano foi avaliada a produtividade. Na época chuvosa, o consórcio propiciou maiores U, menores T e menor DPV. Na época seca, o consórcio interfere no MPa do cafeeiro, além dos maiores valores da EUA. Conclui-se que o cafeeiro em consórcio apresentou os menores valores de DPV e T aprimorando o processo de trocas gasosas das plantas de café. A espécie mogno no espaçamento

8 x 13.6m é indicada para o consórcio com o cafeeiro, com aumento de produtividade e sustentabilidade da prática agrícola.

**Termos para indexação:** Índices espectrais. Potencial hídrico. Fisiologia vegetal. Condições climáticas.

## **ABSTRACT**

The introduction of the tree component in the cultivation of coffee is fundamental to generate favorable microclimates in the physiology of coffee, enhancing coffee productivity. Thus, we aim to assess the impacts of wood species intercropping on the ecophysiology of coffee. The experiment was installed in Santo Antônio de Amparo, state of Minas Gerais, in 2012. A randomized block design (RBD) with four replications was used. The seven treatments were: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 in monoculture (3.40m x 0.65m) and intercropped with African mahogany, teak and acrocarp, using two spacings (9 x 13.6m and 18 x 13.6m) in the coffee trees lines. Between the lines, three coffee lines were implemented, totaling 13.6m. The following variables were evaluated from 2015 to 2018 in the rainy and dry seasons: A (Photosynthesis),  $g_s$  (Stomatal conductance), E (Transpiration), EUA (Water use efficiency), DPV (Vapor pressure deficit), T (Temperature), U (Humidity), R (Radiation), NDVI (Normalized differentiation vegetation index), WBI (Water band index), ARI1 (Anthocyanin reflectance index), SIPI (Principal Component Independent pigment index), FRI (Flavonoid reflectance index) and MPa (Water potential). Coffee productivity was evaluated each year. In the rainy season, intercropping with tree species provided higher U, lower T and lower DPV in the agroforestry system when compared with monoculture. In the dry season, intercropping did not interfere in the coffee MPa, in addition to the highest values of EUA. It was conclude that coffee cultivated in the agricultural system presented the lowest values of DPV, mainly in the rainy season, positively reflecting the gas exchange process of coffee plants. The mahogany

species in the 8 x 13.6m spacing is more indicated for coffee intercropping in comparison with species of teak and acrocarp, since it increased productivity and sustainability of the agricultural practice.

**Index terms:** Spectral indices. Water management. Plant physiology. Climate condition.

## 1INTRODUÇÃO

O café é uma planta muito vulnerável às condições climáticas (Aparecido et al., 2015). A adversidades climáticas causam forte impacto nas atividades agrícolas (Sá Júnior et al., 2012), sendo o principal fator responsável pelas oscilações e frustrações da produtividade cafeeira.

De acordo com o Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, 2014), as consequências negativas das mudanças climáticas sobre a agropecuária já estão sendo observadas em diferentes regiões do planeta. A baixa produtividade de algumas culturas agrícolas é preocupante, diante da demanda por alimentos que poderá aumentar nas próximas décadas, em razão da expectativa de crescimento populacional e melhoria nas condições econômicas de diversos países (Schembergue et al., 2017).

Afirmam também Ferrão et al. (2016), que estresses ambientais como alterações na temperatura, seca, isoladas ou em combinação, às quais as plantas estarão expostas nas próximas décadas representam os fatores mais limitantes para a produtividade agrícola, podendo afetar a cafeicultura diante dos cenários futuros de mudanças climáticas.

Portanto, a introdução do componente arbóreo está sendo adaptado às práticas agrícolas, a fim de aumentar a resiliência da agricultura. Segundo Mbowet al. (2014), explorar sinergias e adaptações é fundamental para a potencialidade sustentável do sistema, ou seja, em conformidade com os pressupostos da “agricultura inteligente” (Schembergue et al., 2017).

A utilização da arborização com espécies madeireiras do tipo nobres como o mogno

africano (*Khaya ivorensis* A.), teca (*Tectona grandis* L. f.) e acrocarpus (*Acrocarpus fraxinilius* Arn.) tem se apresentado como uma alternativa interessante para a cafeicultura, visando, além do apelo econômico, um período mais amplo de convivência café e floresta, contribuindo para uma melhor dinâmica ecológica do sistema.

Contudo, são necessários mais trabalhos explorando as mudanças ecofisiológicas causadas pelas diferentes espécies e arranjos de plantio utilizado em consórcio, levando em considerações as safras. Neste contexto, a caracterização fisiológica associada aos pigmentos foliares, conteúdo de água nas folhas, nível de estresses e eficiência ao uso da luz, são avaliações bastante utilizadas para o monitoramento de plantas em diferentes ambientes na superfície terrestre (Silva and Baptista 2015).

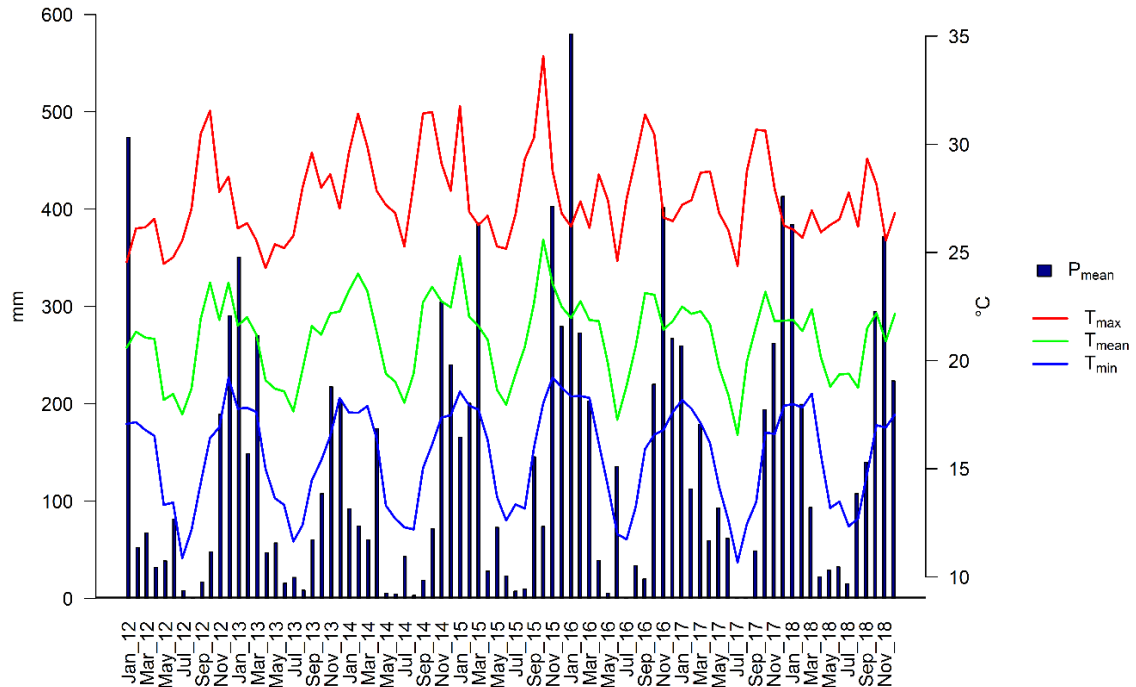
Estas informações fisiológicas permitem ao produtor conhecer o comportamento do seu sistema, para que o manejo possa ser eficiente, desencadeando uma produção mais estável, posicionando no mercado com maior precisão. Assim, a ecofisiologia pode indicar a espécie dos diferentes sistemas agroflorestais em causar mudanças positivo sobre o cafeeiro. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho, avaliar os impactos do consórcio de espécies madeireiras sobre a ecofisiologia do cafeeiro.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1- Caracterização da área experimental**

O experimento foi instalado em novembro de 2012, em uma propriedade chamada Fazenda da Lagoa pertencente ao grupo NKG (Neumann Kaffee Gruppe), localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, região produtora de café do sul de Minas, cujas coordenadas são 20° 54' 58.1" S e 44° 51' 13.7" W. A região apresenta altitude de 1089 m, temperatura média de 19.8 °C e precipitação 1670 mm/ano (Gráfico 1). Nos anos de 2015 (2°

colheita) a 2018 (5<sup>o</sup> colheita) foram realizadas as avaliações.



**Gráfico 1.** Condições climáticas de precipitação (mm) e temperaturas (°C) da região de Santo Antônio do Amparo –MG, nos anos de 2012 a 2018.

## 2.2- Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), contendo quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. Os tratamentos foram constituídos pelos sistemas de cultivo: cafeeiros em monocultivo; cafeeiros consorciados com mogno-africano (*Khaya ivorensis* A.), teca (*Tectona grandis* L. f.), e acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) nos espaçamentos de 9 x 13.6 m e 18 x 13.6 m.

As três espécies madeireiras foram implantadas na linha dos cafeeiros, simultaneamente com o plantio da cultivar Catuai vermelho IAC 99 no espaçamento de 3.40 m entre linhas por 0.65 m entre plantas. No espaçamento entrelinhas foram fixadas três linhas de cafeeiros intercalados às espécies arbóreas, num total de 13.6 m, entre as linhas arborizadas. A área

experimental recebeu adubações e tratos fitossanitários, de acordo com as recomendações para cada cultura.



**Figura 1.** Espécies das árvores: a) Mogno (*Khaya ivorensis* A. Chev.); b) Teca (*Tectona grandis* L. f.); c) Acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) todas com sete anos de idade.

## 2.3- Características avaliadas

### 2.3.1- Índices de reflectância

As avaliações dos índices espectrais, do potencial hídrico, e das trocas gasosas, foram realizadas apenas nos cafeeiros, no mesmo dia, em cada época: no período de inverno (época com baixa precipitação e ocorrência de deficiência hídrica) e verão (época com alta precipitação e disponibilidade hídrica) durante os anos de 2015 a 2018.

Avaliou-se o índice de reflectância foliar com o auxílio de um mini- espectrômetro foliar CI-710 (CID Bioscience, Camas, WA), que irradia sobre a amostra de folha a luz de um LED azul e de uma lâmpada incandescente, fornecendo saída na faixa do visível ao infravermelho (intervalo 400- 1000 nm). Inferiu-se os seguintes índices descritos pelas equações, onde R é o

comprimento de onda eletromagnética utilizada: 1) Índice de reflectância fotoquímica -PRI  $(R531 - R570)/(R531 + R570)$  (Gamon et al., 1992). 2) Índice de reflectância de senescência - PSRI  $(R680 - R500) / R750$  (Merzlyak et al., 1999). 3) Índice de vegetação por diferença normalizada - NDVI  $(R800 - R680) / (R800 + R680)$  (Rouse et al. 1974). 4) Índice de banda de água - WBI  $(R900 / R970)$  (Peñuelas et al., 1997). 5) Índice de reflectância de antocianinas-ARI1  $(1/ R550) - (1/R700)$  (Gitelson et al., 2001). 6) Índice de pigmentos independente de componentes estruturais - SIPI  $(R800 - R445) / (R800 + R680)$  (Peñuelas et al., 1995). 7) Índice de reflectância de flavonoides - FRI  $(1/R410 - 1/ R460) * R800$  (Merzlyak et al., 2005).

### **2.3.2- Potencial hídrico**

Valores referentes ao potencial hídrico das plantas foram obtidos com o auxílio de uma câmara de pressão, tipo Scholander (PMS Instruments-PlantMoisture- Modelo 1000), na antemanhã, entre 3 e 5 horas da madrugada, em folhas completamente expandidas dos ramos plagiotrópicos.

### **2.3.3- Trocas gasosas**

A avaliação de trocas gasosas foi realizada utilizando-se o analisador de gás por infravermelho (LI-6400XT Portable Photosynthesis System, LICOR, Lincoln, USA). As medições foram realizadas em folhas completamente expandidas, no 3º ou 4º pares de folhas. As características avaliadas foram: taxa fotossintética líquida ( $A -\mu\text{mol CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), condutância estomática ( $g_s -\text{mol H}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), transpiração ( $E -\text{mmolH}_2\text{O} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ ), déficit de pressão de vapor (DPV-kPa), temperatura ( $T -^\circ\text{C}$ ), umidade (U-%) e radiação (R-  $\text{w}/\text{m}^2$ ). A eficiência instantânea do uso da água (EUA) foi obtida pela relação  $A/E$ . Todas as avaliações foram realizadas entre 9 e 11 horas (horário solar), com utilização de fonte artificial de radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em câmara fechada fixada em  $1500 \mu\text{mol}$  de fótons  $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$  (Blue + Red LED LI-6400-02B, LI-COR, Lincoln, USA).

#### **2.3.4- Produtividade**

A colheita foi avaliada a partir da derricha total dos frutos por parcela, sendo avaliadas seis plantas em cada parcela, ou seja, três plantas que estavam localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95 m à esquerda e três plantas localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95m à direita da espécie arbórea na linha de plantio. Posteriormente, os frutos colhidos das seis plantas foram misturados e retiradas uma amostra de 4 L por parcela experimental.

Estas amostras foram expostas ao sol até atingir o teor de água adequado para prosseguir com o beneficiamento (entre 11 e 12%), com revolvimento constante para que a secagem ocorresse de forma homogênea. Após o beneficiamento do café, foi realizada a pesagem da amostra, e, em seguida, foram realizados os cálculos de conversão para a produtividade (sacas  $ha^{-1}$ ).

#### **2.3.5- Análise estatística**

As variáveis fisiológicas, em cada época de avaliação, foram analisadas por meio da estatística multivariada de correlação canônica pelo programa R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

Os valores das análises de produtividade foram submetidos à análise de variância, no programa estatístico SISVAR 4.3 (Ferreira, 2011). Os valores médios foram comparados, pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância.

### **3RESULTADO E DISCUSSÃO**

Os biplots foram obtidos de acordo com a dispersão dos escores nos eixos, sendo a primeira variável a de maior variância explicada, seguida pela segunda de maior variância, que corresponde a segunda variável.

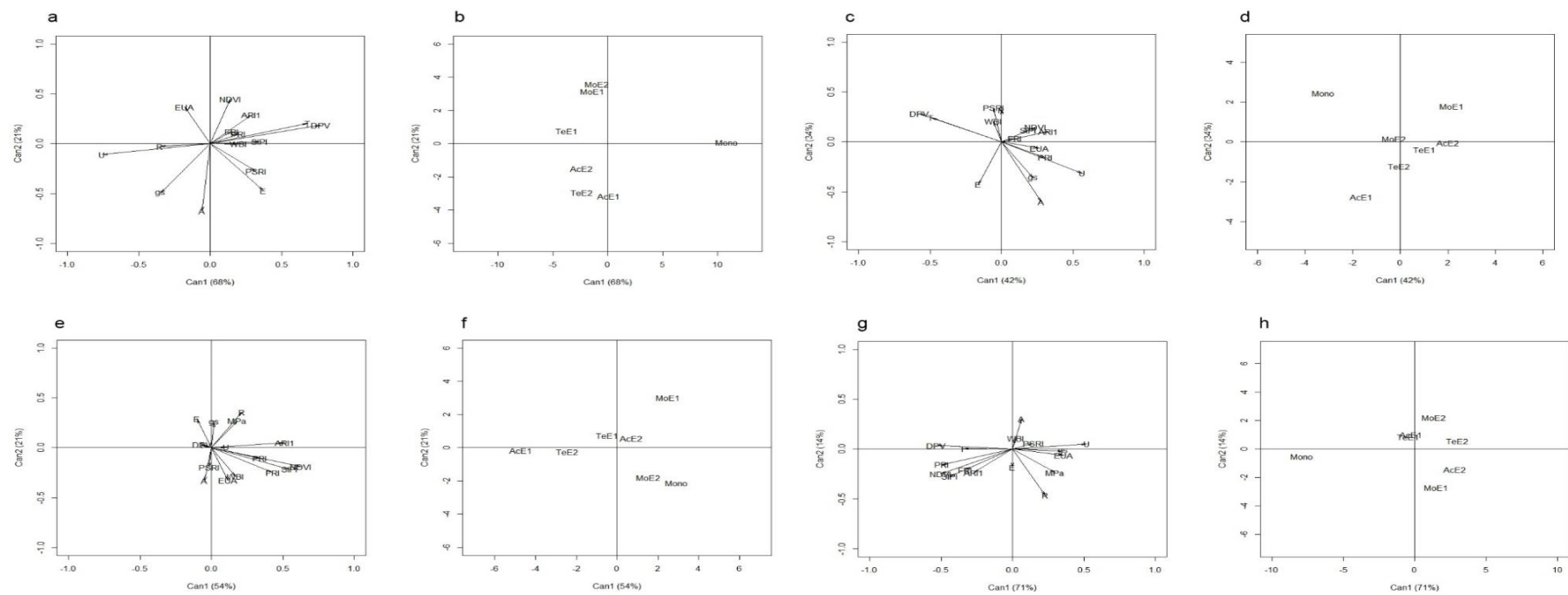
Nos anos de 2015 (Figura 2a,b) e 2016 (Figura 2c,d) na época chuvosa, os valores de



potencial hídrico não se alteraram entre as amostras avaliadas, assim essa variável teve que ser retirada da análise de variáveis canônicas, uma vez que não apresentou variabilidade. Esse fato ocorreu no mês de março.

A Figura 2 está representando a época chuvosa (mês de março), para os anos de 2015 (Figura 2a, b), 2016 (Figura 2c, d), 2017 (Figura 2e, f) e 2018 (Figura 2g, h). Na avaliação do ano de 2015, as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 89% da variabilidade das respostas. De acordo com Can1, observou-se que o DPV, T e a E apresentaram elevados scores com valores positivos, enquanto que negativamente correlacionado teve-se U, R e gs (Figura 2a).

Quando analisou-se os scores dos tratamentos (Figura 2b), foi observado que os cafeeiros sob monocultivo (Mono) apresentaram maiores valores dos parâmetros DPV, T, e E e menores para U, R e gs. Por outro lado, cafeeiros consorciados com Teca no menor espaçamento (TeE1) e no maior espaçamento (TeE2) e no acrocarpo no maior espaçamento (AcE2) apresentaram maiores valores de U, R, gs e menores de DPV, T, e E.



**Figura 2.** Biplot para os dois primeiros eixos da análise da canônica avaliados no mês de março, época chuvosa, nos anos de 2015 (a, b); 2016 (c, d); 2017 (e, f) e 2018 (g, h); (a, c, e, g) Segregação dos sete tratamentos baseada nos parâmetros fisiológicos e condições climáticas avaliados. (b, d, f, h). Os coeficientes de correlação para todos os parâmetros foram representados pelos vetores. MoE1= Mogno (9 x 13.6m); MoE2= Mogno (18 x 13.6m); TeE1= Teca (9 x13.6m); TeE2= Teca (18x 13.6m); AcE1= Acrocarpo (9x 13.8m); AcE2= Acrocarpo (18x 13.6m), Mono= monocultivo.

Observa-se que o monocultivo encontra-se isolado dos sistemas em consórcio (Figura 2b), apresentando características fortemente individualizadas, acarretando um sistema de cultivo mais vulnerável, com valores mais altos de DPV, T e E, características estas que podem limitar o desempenho fotossintético (DaMatta, 2004a). A presença do sistema agroflorestal (SAF's) proporcionou o maior conforto térmico do cafeeiro (Pires et al., 2008), favorecendo as trocas gasosas.

Por outro lado, os sistemas em consórcio TeE1, TeE2 e AcE2, apresentaram maiores valores de U, R e gs, resultantes do microclima gerado pela presença destas arbóreas. A variação da temperatura do sistema está diretamente relacionado a umidade relativa do ar (Soares et al., 2015) e a abertura e fechamento estomático, isto é, quanto maior a temperatura e menor a umidade, maior o fechamento estomático (Marenco e Lopes, 2013), apesar da presença dos maiores valores de radiação, não ser o limitante para as trocas gasosas.

Em 2016, as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 76% das respostas. De acordo com Can1, observou-se que a U, ARI1 e PRI apresentaram elevados scores com valores positivos, enquanto que negativamente correlacionado teve-se o DPV, T e E (Figura 2).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 2d), foi observado que o cafeeiro em consórcio com o mogno no menor espaçamento (MoE1) e com o acrocarpo no maior espaçamento (AcE2) apresentaram maiores valores de U, ARI1 e PRI e menores de DPV, T e E. Já o cafeeiro em monocultivo apresentou maiores valores de DPV e T e menores de U, ARI1 e PRI. Considerando-se a Can2, o monocultivo é diferenciado do acrocarpo no menor espaçamento (9x 13.6m) (AcE1), ou seja, o monocultivo apresentando os maiores valores de DPV e T e o acrocarpo maiores valores de transpiração.

Enfatiza-se a continuidade do monocultivo em apresentar os maiores valores de T e DPV, verifica-se também a correlação destes dois parâmetros com a transpiração (E), evidenciando perdas de água para o meio. Em contrapartida, no consórcio, a presença das

árvores agem como barreiras físicas para alta insolação resultando em maiores umidades e menores temperaturas (Lin, 2007), o que foi observado no caso para a espécie mogno.

Neste contexto, Bote and Struik (2011), afirmam também que, em condições de sombreamento das folhas, a temperatura do ar e a intensidade luminosa reduzidas ocasionam o aumento da porcentagem de umidade relativa no ar em torno de plantas de café e, posteriormente, reduzindo o déficit de pressão de vapor, correlacionando-se com a espécie MoE1 e AcE2, além de apresentarem maiores valores de metabólicos secundários como a ARI1 e o PRI, conferindo proteção ao vegetal, agindo como antioxidantes (Neill e Gould, 2003) e o PRI muito associado a atividade fotossintética, permitindo a planta a eficiência do uso da luz (Gamon, Serrano e Surfus, 1997).

Em relação ao AcE1, apresentando maiores valores para a transpiração, pode-se dizer que maiores perdas de água são advindas dos estômatos abertos, intensificando pelo menor espaçamento do acrocarpo, ou seja, as folhas de sombra tendem a apresentar a maior condutância estomática, gerado pelo microclima (Castro et al., 2009).

Considerando o ano de 2017, as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 75% da variabilidade das respostas. Na Can1, o NDVI, SIPI e o ARI1 apresentaram maiores valores, enquanto que negativamente correlacionado teve-se a E e aA (Figura 2e).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 2f), o cafeeiro em monocultivo e o cafeeiro em consórcio com o mogno independente do espaçamento, apresentaram maiores valores de NDVI, SIPI e ARI1 e menores valores de E e A. No entanto, o cafeeiro em consórcio (AcE1) apresentou maiores valores de E e A e menores de NDVI, SIPI, ARI1.

Permite-se observar que o monocultivo e o cafeeiro em consórcio com a espécie mogno, associou-se aos maiores valores de índices espectrais evidenciando respostas de defesa à planta, a partir das alterações dos metabólico secundário, mediante as condições das variáveis bióticas e abióticas impostas à lavoura cafeeira (Marin et al., 2019), seria uma forma de resiliência

metabólica da planta.

No que se refere ao cafeeiro em consórcio com o AcE1 houve a maior E e A, visto que esta espécie apresenta melhor desenvolvimento vegetal em comparação ao mogno e a teca (Silveira et al., 2016), protegendo melhor o cafeeiro das condições adversas. Peloso et al (2017), afirmam que a medida que a água é disponibilizada às plantas, os valores de transpiração e fotossíntese aumentam.

No último ano de análise, em 2018, foi possível evidenciar que as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 85% da variabilidade das respostas. Observou-se que a U, EUA e gs apresentaram elevados scores, enquanto que negativamente correlacionado teve-se o DPV, NADVI e o PRI (Figura 2g).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 2h), verifica-se que os cafeeiros em consórcio com a TeE2 e com o AcE2, apresentaram maiores scores de U, EUA e gs e menores de DPV, PRI e NADVI. Por outro lado, o cafeeiro em monocultivo apresentaram maiores valores no parâmetro DPV, PRI e NADVI e menores de U, EUA e gs. É possível afirmar que o cafeeiro em monocultivo apresenta de forma incessante os maiores DPV no mês de março nos anos estudados.

O efeito tampão do DPV, encontrado em cafezais arborizados, em comparação ao monocultivo, gera condições que podem beneficiar as trocas gasosas, como afirma Da Matta (2004a), aumentando o uso eficiente da água, bem como a atividade fotossintética, ocasionando em aumento de produtividades.

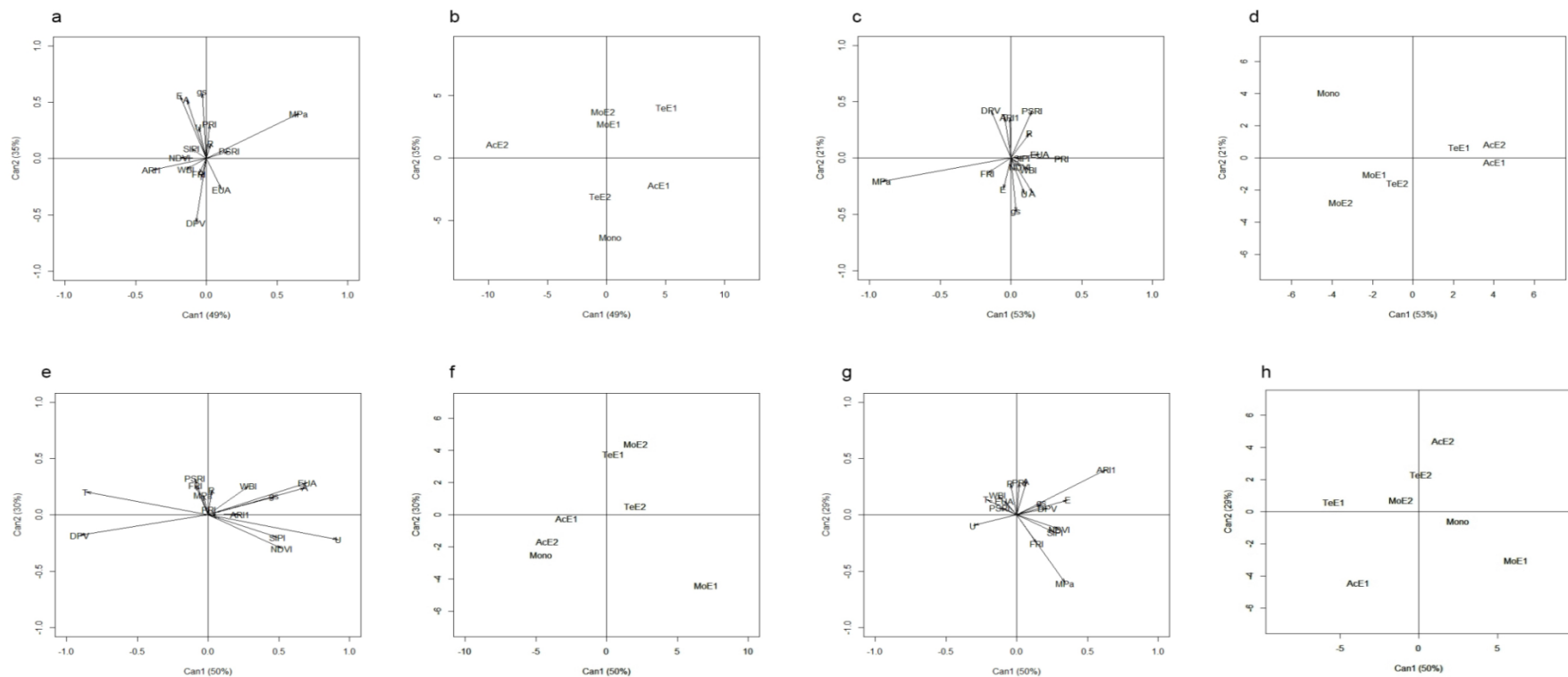
O microclima gerado pelas espécies arbóreas, no caso do acrocarpo e teca proporcionou ao cafeeiro a maior umidade relativa do ar, maiores condutâncias estomáticas, apesar das perdas por água, pelo fato, dos estômatos permanecerem mais tempo abertos em relação ao cafeeiro em monocultivo. A eficiência no uso da água está atrelada ao tempo de abertura estomática, isto é, enquanto a planta absorve CO<sub>2</sub> para a fotossíntese, a água é perdida para o ambiente por

evapotranspiração (Pereira-Netto et al., 2002). Percebe-se também a evidência da atividade fotossintética no cafeeiro em consórcio com estas espécies.

Na Figura 3 está representada a época seca (mês de setembro), para os anos de 2015 (Figura 3a, b), 2016 (Figura 3c, d), 2017 (Figura 3e, f) e 2018 (Figura 3g, h). Em 2015 as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 84% da variabilidade das respostas. De acordo com Can1, observou-se que MPa apresentaram elevados scores, enquanto que negativamente correlacionado teve-se (ARI1). Na Can2, verifica-se maiores valores de E, A e gs e menores de DPV (Figura 3a).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 3b), foi observado na Can1 que os cafeeiro em consórcio com a TeE1 e o AcE1 apresentaram maiores scores de MPa e menores de ARI1. Por outro lado, o cafeeiro em consórcio AcE2 apresentando maior scores do ARI1 e menor scores de MPa.

Porém, quando é observado a Can2, o cafeeiro em monocultivo individualiza-se dos demais em consórcios, ou seja, o monocultivo apresentando os maiores scores de DPV e menores de gs, E e A. O mogno independente do espaçamento e a TeE1 apresentando os maiores scores de gs, E e A e menores de DPV.



**Figura 3.** Biplot para os dois primeiros eixos da análise da canônica avaliados no mês de setembro, época seca, nos anos de 2015 (a, b); 2016 (c, d); 2017 (e, f) e 2018 (g, h); (a, c, e, g) Segregação dos sete tratamentos baseada nos parâmetros fisiológicos e condições climáticas avaliados. (b, d, f, h) Os coeficientes de correlação para todos os parâmetros foram representados pelos vetores. MoE1=Mogno (9 x 13.6m); MoE2=Mogno (18 x 13.6m); TeE1=Teca (9 x 13.6m); TeE2=Teca (18 x 13.6); AcE1=Acrocarpo (9x 13.8); AcE2=Acrocarpo (18 x 13.6m), Mono= monocultivo.

Verifica-se no ano de 2015, no período da seca, o cafeeiro em consórcio com a TeE1 e com o AcE1, apresentando maiores scores de MPa, ou seja, o potencial hídrico do cafeeiro está sendo reduzido quando em presença destas duas espécies arbóreas. Afirma Siles, Harmand e Vaast (2010), que determinadas espécies arbóreas podem competir por recursos como a água, quando estão em alta densidade de plantio e ou em épocas de seca, gerando estresse à planta.

O cafeeiro em consórcio com o AcE2, apresentou maiores valores da AR1, indicativo de senescência ou de estresse das plantas (Gitelson et al., 2001). A espécie acrocarpo neste ano de 2015 e no período de seca independente do espaçamento é observável a interferência negativa.

A partir das avaliações de 2016, a canônica 1 e 2 explicaram 74% da variabilidade das respostas. O PRI, o EUA e a A apresentaram maiores scores, enquanto que, negativamente correlacionado teve-se o MPa, o FRI e o DPV. Na Can2, destaca-se maiores scores para o DPV e menores para o MPa (Figura 3c).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 3d), o cafeeiro em consórcio com o acrocarpo independente do espaçamento, apresentaram maiores scores de PRI, EUA e A e menores scores de MPa, FRI e DPV. Em contrapartida, o cafeeiro em monocultivo e para o mogno independente do espaçamento os maiores scores de MPa, FRI e DPV e menor scores de PRI, EUA e A.

Embora o monocultivo diferencie do mogno pela Can 2, ou seja, o cafeeiro em monocultivo apresentando maiores scores de DPV e menores de MPa, e, o cafeeiro em consórcio com o mogno apresentando os maiores scores de MPa e menores de DPV. Silveira et al. (2016), corroborando com este trabalho, observaram que o monocultivo apresentou também os menores potenciais hídricos em relação ao cafeeiro consorciados com madeiras em diferentes espaçamentos.

Nesse sentido quando se analisa a Can1, a presença da variável PRI no cafeeiro em



consórcio com as espécie acrocarpo independente do espaçamento, está relacionado com a utilização da luz, quanto maior for o PRI maior será a eficiência fotossintética (Sims and Gamon, 2002), interessante, pois é correlacionado com os maiores valores também da fotossíntese e com a eficiência do uso da água, demonstrando de forma favorável as trocas gasosas para o cafeeiro na época seca.

Freitas et al. (2003), observaram maiores atividades fotossintéticas nas linhas do cafeeiro mais próximas das seringueira em consequência do menor déficit de pressão de vapor. É possível afirmar que há danos diretos à fotossíntese em função da limitação da condutância estomática. Assim, o emprego de determinadas espécies arbóreas pode ser uma importante estratégica para reduzir os efeitos nocivo do déficit de pressão de vapor e temperaturas (Da Matta, 2004b).

Quando se analisa o cafeeiro em consórcio com o mogno, verifica-se o menor potencial hídrico e aumento da concentração do metabólico secundário FRI. Pouco se sabe sobre a relação do efeito água com o flavonoide (Pacheco et al., 2011), mas, o estresse hídrico tem o efeito de potencializar a concentração de compostos secundários (Fonseca et al., 2006).

Nas avaliações do ano de 2017 as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 80% da variabilidade das respostas. Na Can1, observou-se que a U, EUA e A obteve-se os maiores scores, enquanto que negativamente correlacionado com o DPV e T (Figura 3e).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 3f), o cafeeiro em consórcio com o mogno independente do espaçamento apresentaram maiores scores de U, EUA e A menores de T e DPV. Entretanto, para o cafeeiro em monocultivo e em consórcio com o acrocarpo independente do espaçamento obteve-se os maiores scores de T e DPV e menores de U, EUA e A.

O cafeeiro em consórcio com o mogno, independente do espaçamento, propiciou positivamente a atividade fotossintética, ou seja, a arborização no cafeeiro resultou em melhores

condições para a manutenção das trocas gasosas, podendo refletir sobre a produtividade (Da Matta, 2004b). Igualmente no estudo de Silveira et al. (2016), foi observado a maior eficiência do uso da água para a espécie mogno independente do espaçamento de plantio em relação a teca, acrocarpo e ao monocultivo.

Por outro lado, Silva et al. (2004), afirmam que a fotossíntese é afetada, quando existe algum tipo de estresse associado, como elevadas temperaturas e déficit de pressão de vapor, por reduzir muito a condutância estomática, o que é verificado na Figura 3e.

Em 2018, as duas primeiras variáveis canônicas explicaram 79% da variabilidade das respostas. Na Can1, o ARI1, E e o MPa foram as mais representativas, com elevados scores, enquanto que, negativamente correlacionados com a U. Na Can 2, observa-se maiores scores para o ARI1 e diretamente correlacionados com os menores MPa e U (Figura 3g).

Quando se analisou os scores dos tratamentos (Figura 3h) na Can1, os cafeeiros sob monocultivo e consorciado com o mogno em menor espaçamento (MoE1), apresentaram os maiores scores de ARI1, E e o MPa e menores de U. Porém, os cafeeiros em consórcio com TeE1 e com o AcE1 tiveram maiores valores para a U, e menores para o ARI1, E e MPa.

Na Can 2, o cafeeiro em consórcio com a teca independente do espaçamento e em consórcio com o AcE2, apresentando os maiores scores para o ARI1 e E mas, menores para o MPa. Já, o cafeeiro em consórcio com MoE1 e o AcE1 apresentaram os maiores scores para o MPa (Figura 3h).

Os maiores valores de antocianinas no monocultivo e no cafeeiro em consórcio com o MoE1 pode estar relacionado com a resposta a alterações no MPa, aumentando a produção de metabólicos secundários (Letts et al., 2008), a presença destes pigmentos seria um ajuste metabólico do cafeeiro mediante qualquer tipo de estresse ambiental e/ou fisiológico.

É importante mencionar que na Tabela 1, o ano de 2018 foi o ano de produtividade muito alta, principalmente para o cafeeiro em consórcio com a espécie mogno, ficando

vulnerável a quaisquer condições edafoclimáticas, após a colheita.

**Tabela 1.** Produtividade (sc/ha) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x 13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, nos anos 2015, 2016, 2017 e 2018.

Tratamentos	Produtividades (sc/ha)			
	2015	2016	2017	2018
MoE1	33.50 Ab	55.46 Ab	44.21 Ab	109.47 Aa
MoE2	27.65 Ac	57.10 Ab	24.34 Bc	125.34 Aa
TeE1	25.37 Ac	50.90 Ab	26.91 Bc	98.22 Ba
TeE2	24.35 Ac	59.43 Ab	30.43 Bc	95.57 Ba
AcE1	17.72 Ac	53.13 Ab	44.41 Ab	87.73 Ba
AcE2	30.60 Ab	57.21 Ab	44.21 Ab	93.87 Ba
Monocultivo	29.70 Ac	52.63 Ab	58.25 Ab	83.19 Ba
Média	26.98	55.12	38.96	99.05
CV1 (%)			27.40	
CV2 (%)			31.26	
CV3 (%)			25.28	

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Na 2ª e 3ª safras referentes aos anos de 2015 e 2016, respectivamente, não houve diferença em produtividade do cafeeiro com as respectivas espécies em relação ao monocultivo, ou seja, entende-se que até o quarto ano após a implantação, a presença das árvores não afetaram a produtividade do cafeeiro, evidenciando que este período inicial de crescimento não desfavoreceu o cafeeiro, não acarretando prejuízos ao produtor.

Nascimento et al. (2006), trabalhando com cafeeiro no espaçamento (2 x 0.75m), em consórcio com a arbórea seringueira (3 x 4m) também não verificaram diferença na produtividade do cafeeiro em consórcio quando comparada ao monocultivo.

Neste contexto, o comportamento produtivo do cafeeiro em consórcio é muito variável e está diretamente relacionado ao arranjo do sistema, espaçamento, grau de sombreamento, espécies utilizadas, condições climáticas e manejo.

Entretanto, a partir da 4ª safra, referente ao ano de 2017, seguida da 5ª safra, no ano de 2018, houve significância dos tratamentos quanto à produtividade. No ano de 2017 os tratamentos já começaram a afetar o cafeeiro, ou seja, o cafeeiro em consórcio com MoE1 e a teca, independente do espaçamento, diminuiu a produtividade em relação ao acrocarpo que não diferiu do monocultivo.

Ressalta-se sobre os dados fisiológicos no mês de setembro no ano de 2016 (Figura 3c,d) associando-o com a produtividade de 2017 (Tabela 1), isto é, o cafeeiro em consórcio com MoE2 e a TeE2 foram as que apresentaram o menor potencial hídrico, e maior transpiração, respectivamente. Como também correlacionado com a Figura 1, em que a precipitação no mês de setembro no ano de 2016 foi a menor dentre os anos estudados, com precipitação de 9 mm no mês, juntamente com temperaturas máximas equivalentes a 32 °C.

De acordo com Matiello et al. (2015), quando a florada acontece em condições de pouca chuva (10 a 20 mm), a água disponível não é suficiente para estimular o crescimento completo dos botões florais e abertura das flores, isto é, não darão frutos, pois a fecundação não ocorre,

afetando assim, a produtividade.

A TeE1 com maiores scores de radiação visto na canônica 1 (Figura 3c,d), associado também a baixa precipitação neste mês de setembro de 2016 (Figura 1), interferiram nas condições de adequação das condições da floração do cafeeiro.

Corroborando com este resultado, Stephenson et al. (2003), afirmam que, mesmo em curtos períodos de estresse hídrico, em qualquer uma das fases reprodutivas, tende-se a reduzir a produtividade, consequência da competição exercida por determinadas espécies arbóreas (Govindappa and Elavarasan, 2014).

A quantidade de radiação incidente nos cafeeiros é fundamental para o sucesso do SAFs, pois está diretamente correlacionada com a fotossíntese e produtividade das culturas (Steenbock; Vezzani, 2013), principalmente, em regiões montanhosas como sul de Minas Gerais, por possuírem desuniformidade de relevo, recebendo variações quanto a exposição solar.

Entretanto, em 2018, a presença do mogno, independente do espaçamento, mostrou-se muito viável ao cafeeiro, ou seja, favorecendo de forma positiva o incremento de produtividades em comparação a espécie arbórea teca, acrocarpo e ao monocultivo.

Diante das análises fisiológicas no mês de setembro de 2017 (Figura 3e, f), o cafeeiro em consórcio com a espécie mogno apresentou características favoráveis como maiores valores de fotossíntese e uso eficiente da água, contribuindo de forma benéfica para fase fenológica do cafeeiro, ou seja, à adequada formação do desenvolvimento dos botões florais, acarretando maiores produtividades do ano seguinte.

Na introdução da espécie mogno no sistema de cultivo evidencia-se vantagem ao cafeeiro, segundo Sales et al. (2013b), quando praticado o manejo com adoção de espaçamento apropriado, e escolhas certas das espécies é possível potencializar a produtividade do cafeeiro. Também Bolfe e Batistella (2011) analisando diferentes SAFs relataram um sistema composto

por mogno, açaí, cacau, seringueira e cupuaçu constataram grande potencial produtivo.

De modo geral, o sistema agroflorestal tem o potencial de atenuar as alterações climáticas e também em manter a capacidade produtiva. Logicamente, que a introdução do SAFs seria mais impactante ao cafeeiro em regiões com condições ambientais marginais. Nesse cenário, a alternativa de método de produção mais sustentável e, estabelecendo uma relação bem articulada entre as espécies, proporciona ganhos evidentes nas questões tanto ambientais como econômicas.

#### **4 CONCLUSÕES**

O cafeeiro em sistema agroflorestal apresentou os menores valores de déficit de pressão de vapor e temperatura em relação ao monocultivo, principalmente na época chuvosa, refletindo de forma positiva o processo de trocas gasosas das plantas de café.

A espécie mogno no espaçamento 8 x 13.6m é indicada para o SAF com cafeeiro em comparação às espécies teca e acrocarpo, com aumento de produtividade e sustentabilidade da prática agrícola.

#### **AGRADECIMENTOS**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (*CAPES*). Fazenda da Lagoa- MG pertencente à NKG (Gruppe Kaffee Neumann). Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

#### **REFERÊNCIAS**

APARECIDO, L. E. O.; ROLIM, G. S.; SOUZA, P. S. Sensitivity of newly transplanted coffee plants to climatic conditions at altitudes of Minas Gerais, Brazil. *Aust J Crop Sci*, 9(2):160–167, 2015.

BOLFE, E. L.; BASTISTELLA, M. Análise florística e estrutural de sistemas silviagrícolas em Tomé-Açu, Pará. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 46 (10): 1139-1147, 2011.

BOTE, A. D.; Struik, P. C. Effects of shade on growth, production and quality of coffee (*Coffea arabica*) in Ethiopia. **Journal of Horticulture and Forestry**, 3(11): 336-341. 2011.

CASTRO, E. M.; PEREIRA, F.J.; PAIVA, R. **Histologia vegetal: estrutura e função de órgãos vegetativos**. Lavras: UFLA, 2009. 234 p.

COELHO, R. A. et al. Nível de sombreamento, umidade do solo e morfologia do cafeeiro em sistemas agroflorestais. **Revista Ceres**. 57 (1): 95-102, 2010.

Da MATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**. 86 (2-3): 99 – 114. 2004a.

DaMATTA, F. M. **Fisiologia do cafeeiro em sistemas arborizados**. In: Arborização de cafezais no Brasil. Vitória da Conquista: Edições Uesb, 2004b, 212p.

FERRÃO, R. G. Genética e melhoramento: desenvolvimento e recombinação de cultivares com tolerância a seca para o Espírito Santo. **Incaper em Rev**. 6–7(4):51–71, 2016.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**. 6(35):1039-1042, 2011.

FREITAS, R. B. et al. Influência de diferentes níveis de sombreamento no comportamento fisiológico de cultivares de café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**. 27 (4): 804-810, 2003.

FONSECA, J.M. et al. Potential implications of medicinal plant production in controlled environments: the case of feverfew (*Tanacetum parthenium*). **Hot Science**. 41 (3):531-535, 2006.

GAMON, J. A.; SERRANO, L.; SURFUS, J. S.; The photochemical reflectance index: an optional indicator of photosynthetic radiation use efficiency across species, functional types and nutrient levels. **Oecologia**, 112: 492-501, 1997.

GAMON, J. A.; PEÑUELAS, J.; FIELD, C. B. A narrow-waveband spectral index that tracks diurnal changes in photosynthetic efficiency. **Remote Sens Environ**, 41:35–44, 1992.

GITELSON, A.; MERZLYAK, M.N.; CHIVKUNOVA, O.B. Optical properties and non-destructive estimation of anthocyanin content in plant leaves. **Photochemistry and Photobiology**. 74(1):38-45, 2001.

GOVINDAPPA, M. ELAVARASAN, K. Shade cum fruit yielding avocado under coffee ecosystem. **Int Lett Nat Sci**, 22:61-66, 2014.

IPCC IPOCC. Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Cambridge University Press. Available in: <<https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/Acesso>> Acesso in: 10 dez. 2019.



- LETTS, M. G et al. Seasonal photosynthetic gas exchange and leaf reflectance characteristics of male and female cottonwoods in a riparian woodland. **Tree Physiology**. 28:1037–1048, 2008.
- LIN, B.B. Agroforestry management as an adaptive strategy against potential microclimate extremes in coffee agriculture. **Agricultural and Forest Meteorology**. 144 (1-2): 85–94, 2007.
- MARENCO, R.A.; LOPES, N.F. **Fisiologia Vegetal**. Viçosa: Editora UFV, 2013, 486p.
- MARIN, D.B. et al. Sensoriamento remoto multiespectral na identificação e mapeamento das variáveis bióticas e abióticas do cafeeiro. **Rev. Ceres**, 66 (2):142–153, 2019.
- MATIELLO, J. B.; NERY, F. C., VENTURIN, R. P. 2015. A cafeicultura e sua relação com o clima. **available in:** <[https://toolbox.coffeeandclimate.org/wpcontent/uploads/FolhetoCartilha\\_cafe\\_y](https://toolbox.coffeeandclimate.org/wpcontent/uploads/FolhetoCartilha_cafe_y)> **Acesso in:** 20 nov. 2019.
- MBOW C. et al. Agroforestry solutions to address food security and climate change challenges in Africa. **Curr Opin Environ Sustain**, 6:61–67, 2014.
- MERZLYAK, M. N. et al. Apple flavonols during fruit adaptation to solar radiation: spectral features and technique for non-destructive assessment. **Journal of Plant Physiology**. 162 (2): 151-160, 2005.
- MERZLYAK, M. N. et al. Non-destructive optical detection of pigment changes during leaf senescence and fruit ripening. **Physiol Plant**, 106:135–141, 1999.
- NASCIMENTO, E. A. et al. Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) consorciado com seringueira (*Hevea brasiliensis muell.* Arg.). **Ciência Rural**. 36 (3): 852-857, 2006.
- NEILL, S. O.; GOULD, K. S. Anthocyanins in leaves: light attenuators or antioxidants. **Functional Plant Biology**, 30(8):865-873, 2003.
- PACHECO, A. C., CASTRO, P. R. C.; SOUZA, G. M. Deficiência hídrica e aplicação de ABA nas trocas gasosas e no acúmulo de flavonoides em calênlula (*Calendula officinalis* L.). **Maringá**, 33 (2): 275-281, 2011.
- PELOSO, A. et al. Limitações fotossintéticas em folhas de cafeeiro arábica promovidas pelo déficit hídrico. **Coffee science**. 12(3): 389-399, 2017.
- PEÑUELAS, J., BARET, F., FILELLA, I. Semiempirical indices to assess carotenoids/chlorophyll a ratio from leaf spectral reflectance. **Photosynthetica**, 31(2):221–230, 1995.
- PEÑUELAS, J.; OGAYA, J. P. R., FILELLA, I. Estimation of plant water concentration by the reflectance water index WI (R900/ R970). **Int J Remote Sens**, 18:2869–2875, 1997.
- PEREIRA-NETTO, A. B. Crescimento e desenvolvimento. **In: Wachowicz CM, Carvalho RIN (Eds) Fisiologia vegetal-produção e pós-colheita**. Curitiba, pp. 17-42, 2002.
- PIRES MFA. et al. Physiological and behavioural parameters of crossbred heifers in single *Brachiaria decumbens* pasture and in silvopastoral system. **In: Rowlinson P, Steele M,**

Nefzaoui A (eds) **Livestock and Global Climate Change, Hammamet/Tunisia**. Cambridge University Press, pp 115–118, 2008.

RDEVELOPMENT CORE TEAM R. A language and environment for statistical Computing, 2015.

R CORE TEAM 2015. A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. **Available in:** < <http://www.R-project.org/> > **Acesso in:** 10agost., 2019.

SALES, E. F.; MÉNDEZ, V. E.; CAPORAL, F. R. Sistemas agroflorestais com cafezais no estado do Espírito Santo: o olhar do agricultor. **Cadernos de Agroecologia**. 8(2): 2013b.

SCHEMBERGUE, A. et al. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no brasil. **Rev Econ e Sociol Rural**. 55(1):10–30, 2017.

SILES, P.; HARMAND, J. M.; VAAST, P. Effects of *Inga densiflora* on the microclimate of coffee (*Coffea arabica* L.) and overall biomass under optimal growing conditions in Costa Rica. **Agroforestry Systems**. 78(3): 269-286, 2010.

SILVA, E. C. et al. Aspectos ecofisiológicos de espécies em área de caatinga no município de Cabaceiras, Paraíba. Brasil. **Série Botânica**, 59 (2):201-205,2004.

SILVA, S. C.; BAPTISTA, G. M. M. Análises espectrais da vegetação com dados hyperion e sua relação com a concentração e o fluxo de co2 em diferentes ambientes na amazônia brasileira. **Boletim de Ciências Geodésicas**. 21(2): 354-370, 2015.

SILVEIRA, H. R. O et al. Impactos da deficiência hídrica nas respostas ecofisiológicas e espectrais do cafeeiro consorciado com espécies madeireiras. **Coffee Science**. 11(3): 318-329, 2016.

SIMS D.A. & GAMON, J.A. Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages. **Remote Sensing of Environment**. 81 (2-3): 337– 354, 2002.

STEENBOCK, W.; VEZZANI, F. M. Agrofloresta: aprendendo com a natureza. Curitiba, 2013.

STEPHENSON, R.A.; GALLAGHER, E.C.; DOOGAN, V.J. Macadamia responses to mild water stress at different phenological stages. **Australian Journal of Experimental Agriculture Research**. 54: 67-75, 2003.

SOARES, R., BATISTA, A. C., TETTO, A. F. Meteorologia e climatologia florestal. **FUPEF**, Curitiba, 2015.

SOUZA, J. C. A. V.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. A. Cedro australiano (*Toona ciliata*). **Rio Rural**, Niterói-RJ, 2010.

## ARTIGO 2

**INFLUÊNCIA DAS ESPÉCIES MADEIREIRAS SOBRE O CRESCIMENTO E  
PRODUTIVIDADE DO CAFEIEIRO ARÁBICA**

*Normas Revista Ciência e Agrotecnologia (Versão preliminar de artigo)*

**RESUMO**

A inserção do componente arbóreo na cafeicultura é uma estratégia sob a perspectiva econômica e ambiental. Dessa forma, objetivou-se avaliar a influência temporal no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro sob a interferência de diferentes espécies arbóreas em função do espaçamento. O ensaio foi instalado no município de Santo Antônio de Amparo-MG, em 2012. Conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os sete tratamentos foram: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 em monocultivo (3.40m x 0.65m) e consorciada com o mogno-africana, teca e acrocarpo, em dois espaços (9 x 13.6m e 18 x 13.6 m), na linha dos cafeeiros. Nas entrelinhas foram implantadas três linhas de café, no total de 13.6 m. Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura (m), diâmetro de caule (cm), diâmetro de copa (m), produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>) e rendimento (l/sc) para o cafeeiro. A partir das avaliações verifica-se efeito significativo da altura, produtividade e rendimento para o cafeeiro em decorrência dos anos e dos tratamentos. Conclui-se que a altura do cafeeiro foi influenciado pelas espécies arbóreas. O sistema consorciado com as espécies arbóreas não influenciou a produtividade do cafeeiro até a 3<sup>a</sup> safra, sendo que para a 5<sup>a</sup> safra o consórcio com o mogno favoreceu a produtividade, embora, a produtividade acumulada não tenha apresentado efeito de tratamentos.

**Termos para indexação:** Café. Árvore. Sistema agroflorestal. Desenvolvimento vegetativo. Rendimento.

## ABSTRACT

The insertion of the tree component in coffee production represents a good strategy from an economic and environmental perspective. Thus, we aim to evaluate the temporal influence on the vegetative and productive development of coffee under the interference of different tree species in spacing functions. The experiment was installed in Santo Antônio de Amparo, State of Minas Gerais, in 2012. A randomized block design (RBD) with four replications was used. The seven treatments were: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 in monoculture (3.40m x 0.65m) and intercropped with African mahogany, teak and acrocarp, using two spacing (9 x 13.6m and 18 x 13.6m) in the coffee trees lines. Three coffee lines were implemented between the lines, totaling 13.6 m. The following variables were evaluated for coffee trees: height (m), stem diameter (cm), crown diameter (m), productivity (bags ha<sup>-1</sup>) and yield (l/sc). There was a significant effect on height and yield for coffee over the years and the treatments. It is concluded that the height of the coffee tree was influenced by the tree species. The system intercropped with tree species did not influence the study of coffee until the 3rd harvest. At the 5th harvest, intercropping with mahogany favored the productivity, although the treatment did not influence the accumulated productivity .

**Index terms:** Coffee. Tree. Agroforestry system. Vegetative development. Productivity.

## 1INTRODUÇÃO

A cafeicultura é considerada uma das principais culturas do país, e tem potencial de ser associada ao segmento florestal. O cultivo de árvores de espécies nobres está sendo destaque no âmbito florestal, uma vez que podem proporcionar madeiras de excelente qualidade com valor agregado elevado (Ibiá, 2018), tornando cada vez mais viável, visto a redução das áreas de exploração de madeiras de florestas nativas.

As plantas de café no Brasil são maioritariamente cultivadas em monoculturas, devido à facilidade de gerenciar e implementar técnicas mecanizadas de plantio (Carmago, 2010). No entanto, os cafezais em monocultivo expõem a cultura cafeeira aos riscos climáticos como geadas (Waller; Bigger; Hillocks, 2007), além das plantas ficarem vulneráveis ao vento (Parra; Reis, 2013), a temperaturas excessivas e a menor disponibilidade hídrica. Todas estas são variáveis que afetam diretamente o desenvolvimento vegetativo e produtivo do café (Camargo, 2010).

Uma das soluções viáveis, seria a inserção do componente arbóreo, contribuindo favoravelmente para a agropecuária, minimizando os impactos causados pela monocultura (Miccolis et al., 2016). Além de gerar renda extra ao produtor, o sistema de cultivo assume uma função estratégica, contribuindo para a sustentabilidade ambiental e econômica no sistema de cultivo. Recentemente, este tipo de cultivo tem gerado um novo comprometimento no mercado, devido às preocupações ambientais e à preservação das florestas nativas (Saath and Fachinello, 2018).

Para a exploração comercial é necessário o planejamento de todas as fases, particularmente daquelas diretamente ligadas à implantação e formação da lavoura. Qualquer erro cometido nesse período pode comprometer seriamente a exploração, resultando em baixas produtividades e menor longevidade da lavoura, ou mesmo inviabilizando a atividade, por onerar o custo de produção (Dardengo et al., 2013).

Alguns critérios, no entanto, são comumente utilizados para o sucesso da funcionalidade do sistema. A composição das espécies e o arranjo do componente vegetal deve ser baseada na compatibilidade, evitando a competição exarcebada por água, luz e nutrientes, para melhor desempenho do desenvolvimento vegetal e produtivo do cafeeiro (Martines et al., 2004).

Assim, a eficiência do crescimento pode estar relacionada a habilidade de adaptação das plantas, e as frequentes análises do crescimento são utilizadas para predizer o grau de tolerância

do cafeeiro às condições impostas (Maia et al., 2009). Isso com o intuito de entender o desempenho das plantas, pois para otimizar os recursos disponíveis, a planta deve apresentar bom desenvolvimento e boa arquitetura (Ronchi e DaMatta, 2007).

Outro fator necessário também, é o conhecimento do crescimento das árvores madeireiras, para assim, estudar a eficácia econômica deste investimento, levando sempre em consideração a produtividade dos dois componentes, madeira e café. Dessa forma, com os resultados das informações, pode-se indicar melhorias do manejo do sistema, refletindo em produtividade.

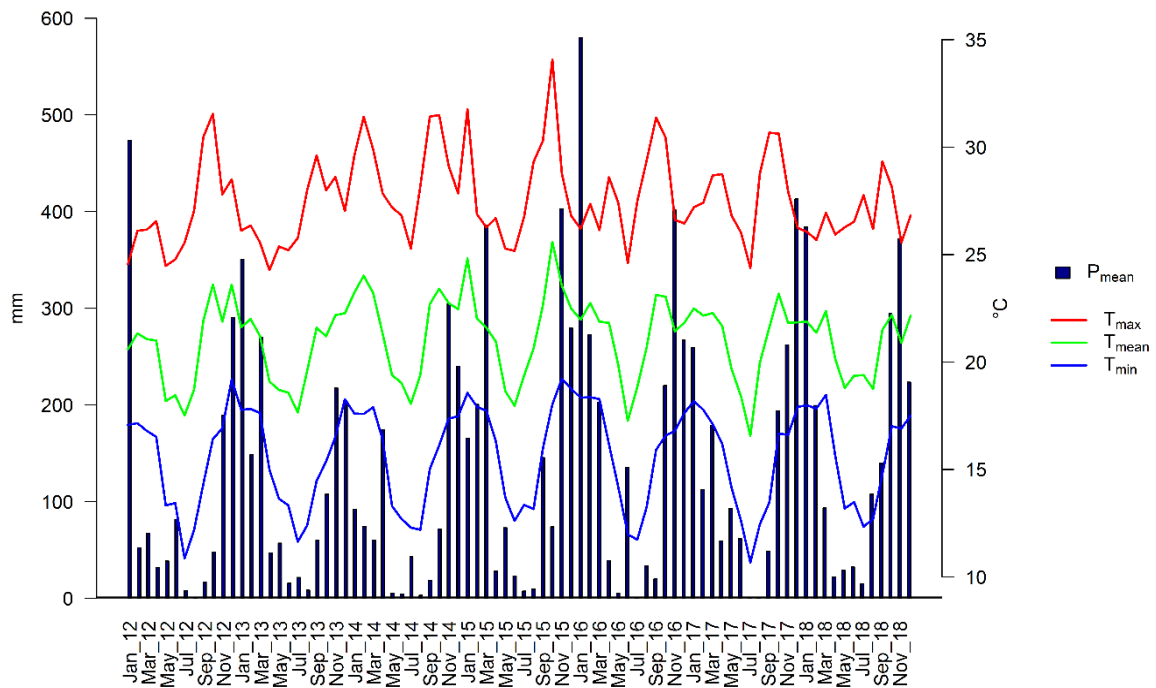
No Brasil, existe uma grande demanda de conhecimentos técnico-científicos sobre o uso de sistema agroflorestal e ainda há pouca informação qualificada que permita avaliação de desempenho destes sistemas de produção. Existem muitas dúvidas sobre a escolha das espécies arbóreas mais adaptadas, seu espaçamento, e qual o arranjo mais adequado.

Dessa forma, objetivou-se com esse trabalho, avaliar a influência temporal no desenvolvimento vegetativo e produtivo do cafeeiro, sob a interferência de diferentes espécies arbóreas em função do espaçamento.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1- Caracterização da área experimental**

O experimento foi instalado em novembro de 2012, em uma propriedade denominada Fazenda da Lagoa, pertencente ao grupo NKG (Neumann Kaffee Gruppe), localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, região produtora de café do sul de Minas, cujas coordenadas são 20° 54' 58.1" S e 44° 51' 13.7" W. A região apresenta altitude de 1089 m, temperatura média de 19.8 °C e precipitação 1670 mm/ano (Gráfico1). Nos anos de 2015 (2ª colheita) a 2018 (5ª colheita) foram realizadas as avaliações.



**Gráfico 1.** Condições climáticas de precipitação (mm) e temperaturas (°C) da região de Santo Antônio do Amparo –MG, nos anos de 2012 a 2018.

## 2.2- Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), contendo quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. O experimento foi constituído por sete tratamentos. Os tratamentos foram constituídos pelos sistemas de cultivo: cafeeiros em monocultivo (Mono); cafeeiros consorciados com mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no espaçamento de 9 x 13.6m (MoE1); cafeeiros consorciados com mogno-africano no espaçamento de 18 x 13.6m (MoE2); cafeeiros consorciados com teca (*Tectona grandis* L. f.) no espaçamento de 9 x 13.6m (TeE1); cafeeiros consorciados com teca no espaçamento de 18 x 13.6m (TeE2); cafeeiros consorciados com acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) no espaçamento de 9 x 13.6m (AcE1) e cafeeiros consorciados com acrocarpo no espaçamento de 18 x 13.6m (AcE2).

As três espécies madeireiras foram implantadas na linha dos cafeeiros, simultaneamente



com o plantio da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, no espaçamento de 3.40 m entre linhas por 0.65 entre plantas (Figura 1). No espaçamento entrelinhas foram fixadas três linhas de cafeeiros intercalados às espécies arbóreas, num total de 13.6 m, entre as linhas arborizadas. A área experimental recebeu adubações e tratos fitossanitários, de acordo com as recomendações para cada cultura.



**Figura 1.** Espécies das árvores: a) Mogno (*Khaya ivorensis* A. Chev.); b) Teca (*Tectona grandis* L. f.); c) Acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) todas com sete anos de idade.

### 2.3- Características avaliadas

As avaliações de crescimento foram realizadas uma vez ao ano, de 2015 a 2018 e mediu-se, tanto nos cafeeiros, quanto nas espécies arbóreas.

#### 2.3.1- Crescimento do cafeeiro

-Diâmetro do caule: foi medido acima do nível do solo, utilizando-se um paquímetro.

-Diâmetro da copa: avaliando com uma régua graduada, colocada transversalmente aos ramos



ortotrópicos.

-Altura da planta: foi determinada com uma régua graduada, colocando-se paralelamente ao caule da planta, medindo-se a altura a partir do solo até a gema apical do ramo ortotrópico.

### **2.3.2- Produtividade e Rendimento do cafeeiro**

A colheita foi avaliada a partir da derriça total dos frutos, por parcela, sendo avaliadas seis plantas em cada parcela, ou seja, três plantas que estavam localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95m à esquerda e três plantas localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95m à direita da espécie arbórea na linha de plantio. Posteriormente, os frutos colhidos das seis plantas foram misturados e retiradas uma amostra de 4L por parcela experimental.

Estas amostras foram expostas ao sol até atingir o teor de água adequado para prosseguir com o beneficiamento (entre 11 e 12%), com revolvimento constante para que a secagem ocorresse de forma homogênea. Após o beneficiamento do café, foi realizada a pesagem da amostra, e, em seguida, foram determinados os cálculos de conversão para a produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>) e o rendimento (litros de café colhido/saca de café beneficiado de 60 kg).

### **2.3.3- Análise estatística**

Os valores das análises de crescimento, produtividade e rendimento do café foram submetidos à análise de variância, no programa estatístico SISVAR 4.3 (Ferreira, 2011). Os valores médios foram comparados pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. Os gráficos ilustrativos da produtividade e rendimento foram executados no software Microsoft® Office Excel©.

### **3RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Observou-se diferença para a altura do cafeeiro quando em consórcio com as espécies madeiras (Tabela 1).

**Tabela 1.** Análise de crescimento em altura (m), diâmetro do caule (cm) e diâmetro da copa (m) do cafeeiro consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x 13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo.

	Crescimento café											
	Altura (m)				Diâmetro de caule (cm)				Diâmetro de copa (m)			
Anos	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018	2015	2016	2017	2018
MoE1	1.21 Ad	1.53 Ac	1.84 Ab	1.98 Ba	3.35 Ad	4.06 Ac	4.68 Ab	5.64 Aa	1.42 Ad	1.65 Ac	1.85 Ab	2.09 Aa
MoE2	1.20 Ad	1.44 Bc	1.81 Ab	1.99 Ba	3.24 Ac	4.27 Ab	4.50 Ab	5.55 Aa	1.34 Ad	1.52 Ac	1.85 Ab	2.07 Aa
TeE1	1.24 Ad	1.52 Ac	1.82 Ab	1.96 Ba	3.55 Ad	4.28 Ac	4.63 Ab	5.71 Aa	1.39 Ad	1.52 Ac	1.80 Ab	2.05 Aa
TeE2	1.16 Ad	1.52 Ac	1.77 Ab	1.92 Ba	3.26 Ad	4.09 Ac	4.49 Ab	5.28 Aa	1.36 Ad	1.65 Ac	1.93 Ab	2.13 Aa
AcE1	1.20 Ad	1.46 Bc	1.90 Ab	2.09 Aa	3.38 Ad	4.04 Ac	4.66 Ab	5.60 Aa	1.33 Ad	1.55 Ac	1.86 Ab	2.14 Aa
AcE2	1.14 Ac	1.62 Ab	1.87 Aa	1.97 Ba	3.37 Ac	4.45 Ab	4.46 Ab	5.63 Aa	1.31 Ad	1.65 Ac	1.92 Ab	2.17 Aa
Mono	1.21 Ad	1.56 Ac	1.92 Ab	2.08 Aa	3.39 Ad	4.22 Ac	4.67 Ab	5.60 Aa	1.42 Ad	1.65 Ac	1.88 Ab	2.12 Aa
Média		1.64				4.43				1.73		
CV 1 %		5.74				5.38				6.39		
CV 2 %		4.71				8.11				3.00		
CV 3 %		4.46				5.44				3.96		

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não apresentaram diferenças significativas entre si, pelo teste de Scott

Knott, a 5% de significância.

Nota-se que o parâmetro altura do cafeeiro foi a única variável alterada em resposta aos tratamentos nos 4 anos avaliados. Nos anos de alta bienalidade do cafeeiro houve a diferenciação dos tratamentos, ou seja, no ano de 2016, o cafeeiro em consórcio com o MoE1, TeE1, TeE2, AcE2 obteve-se as maiores alturas, e, em 2018 o AcE1, estes não diferenciaram do monocultivo. Logo, permite-se dizer a não ocorrência da competição entre plantas, pelo fato da variável altura do cafeeiro não se diferenciar do monocultivo.

Dias et al. (2007), verificam que, quando o crescimento vegetativo do cafeeiro não foi reduzido, possivelmente não houve a competição, em função do alto potencial de extração de água e nutrientes do solo, isto é, a existência de interação dinâmica entre as espécies.

Segundo Miccolis et al. (2016), quando os espaçamentos são combinados adequadamente, otimiza-se a ocupação do espaço e permite-se o melhor aproveitamento dos recursos (água, nutrientes e organismos simbióticos, como fungos e bactérias), o que seria mais possível o sucesso do cafeeiro no estabelecimento dos SAFs.

Matta e Rodríguez (2007) explicam que cafeeiros cultivados em ambientes sombreados, à medida que o nível de sombreamento aumenta, ocorre um maior estímulo à emissão de gemas vegetativas e à diminuição da formação de gemas florais, o que poderia ter contribuído com a baixa produtividade do cafeeiro, principalmente quando em consórcio com a espécie teca, independente do espaçamento, no ano seguinte de 2017 (Tabela 2).

O café pode ter sido sensibilizado quando em consórcio com a espécie teca, levando em consideração as características da folha da árvore da espécie, promovendo a maior superfície de contato sobre o cafeeiro, ou seja, maior sombra, podendo também atribuir a fatores alelopáticos, sendo mais um fator que contribuiria com a menor produtividade do cafeeiro em 2017.

Segundo Ferreira (2004), as substâncias alelopáticas são liberadas pelos vegetais no ambiente e visam atrair, repelir, nutrir ou promover toxicidade, tendo potencial de controle

sobre outras plantas, sendo que as interferências promovidas por estas substâncias podem refletir tanto negativas quanto positivas.

No ano de 2018, a maior altura foi para o cafeeiro em consórcio com o acrocarpo no espaçamento curto (9 x 13.6m), igualando-se ao monocultivo. Nos demais tratamentos os cafeeiros mostraram restrições na altura.

Corroborando com este trabalho, Jamillo-Botero et al. (2010), observaram o menor crescimento vegetativo do cafeeiro no ano de alta bienalidade. Carelli et al. (1999), verificaram o menor crescimento em altura, quando o cafeeiro estava em condições sombreadas.

Além da radiação luminosa, a competição depende das espécies envolvidas, dos seus sistemas radiculares e da disponibilidade de recursos essenciais (Costa et al., 2008). Não se sabe ao certo se o efeito no cafeeiro é devido ao sombreamento ou pelos recursos do solo, embora, não tenha ocorrido a interferência na produtividade do cafeeiro no ano de 2018, que por sinal, obteve excelentes produtividades quando em presença da espécie mogno (Tabela 2).

Em relação a produtividade do cafeeiro, não houve diferença significativa o cafeeiro cultivado nos anos de 2015 e 2016, aparecendo a significância nos anos de 2017 e 2018, embora, a produtividade acumulada não tenha apresentado efeito dos tratamentos (Tabela 2).

**Tabela 2.** Produtividade (sc/ha) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9x13.6m); MoE2= mogno-africano (18x13.6m); TeE1= teca (9x13.6m); TeE2= teca (18x13.6 m); AcE1= acrocarpo (9x13.6m); AcE2= acrocarpo (18x13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, nos anos de 2015, 2016, 2017, 2018 e acumulado.

Tratamentos	Produtividades (sc/ha)				
	2015	2016	2017	2018	Acumulado <sup>ns</sup>
MoE1	33.50 Ab	55.46 Ab	44.21 Ab	109.47 Aa	242,64
MoE2	27.65 Ac	57.10 Ab	24.34 Bc	125.34 Aa	234,43
TeE1	25.37 Ac	50.90 Ab	26.91 Bc	98.22 Ba	201,40
TeE2	24.35 Ac	59.43 Ab	30.43 Bc	95.57 Ba	209.78
AcE1	17.72 Ac	53.13 Ab	44.41 Ab	87.73 Ba	202.99
AcE2	30.60 Ab	57.21 Ab	44.21 Ab	93.87 Ba	225.89
Monocultivo	29.70 Ac	52.63 Ab	58.25 Ab	83.19 Ba	223.77
Média	26.98	55.12	38.96	99.05	220.13
CV1 (%)			27.40		
CV2 (%)			31.26		13.69
CV3 (%)			25.28		

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

\*ns: médias não significativas.

A partir dos resultados, pode-se observar que no primeiro biênio não houve diferença significativa entre os tratamentos. A ausência de efeito e incremento na produtividade de cafeeiros sob sombreamento moderado em relação ao café a pleno sol são comuns (Cocheto-Junior et al., 2011).

Entretanto, a partir do segundo biênio referente às 4ª e 5ª safras, os tratamentos já influenciaram o cafeeiro. Em 2017, ano de bienalidade baixa, ocorreu a diminuição da produtividade do cafeeiro quando em consórcio com o MoE2, TeE1 e TeE2.

O cafeeiro em consórcio, principalmente com a espécie arbórea teca, mostrou relação do crescimento com a produtividade, isto é, o cafeeiro em presença da teca independente do espaçamento foi em que mais investiu em crescimento em altura no ano de 2016 (Tabela 1), proporcionando baixa na produtividade no ano seguinte de 2017. INCAPER (2018), cita que o crescimento das árvores interferiram diretamente na produtividade do cafeeiro nos 4 anos de estudo.

Este fato retrata a baixa produtividade no ano de 2017, devido a diminuição das reservas que foram gastas no ano anterior para o desenvolvimento vegetativo da altura (Tabela 1). Jaramillo-Botero et al. (2010), afirmam a correlação existente da menor produtividade com o maior crescimento vegetativo.

De acordo com os autores, Assis et al. (2014), a produtividade está atrelada com o fenótipo altura, principalmente nas primeiras safras. Importante também mencionar, que dentre os anos estudados, o ano de 2017 foi o que apresentou a menor precipitação (1.683mm) dentre os outros anos de estudo 2015 (1.794mm), 2016 (2.177mm) e 2018 (1.913mm) (Gráfico 1), sendo mais um fator que favoreceria a menor produtividade do ano de 2017. Por isso, a escolha da espécie a ser cultivada deve ser fundamental, impedindo a incompatibilidade e evitando a competição entre plantas.

No ano de 2018, referente a 5ª safra, o sistema em consórcio começa sobressair sobre a

produtividade do cafeeiro em monocultivo, principalmente quando se trata da espécie mogno, favorecendo o cafeeiro nos dois diferentes espaçamentos utilizado.

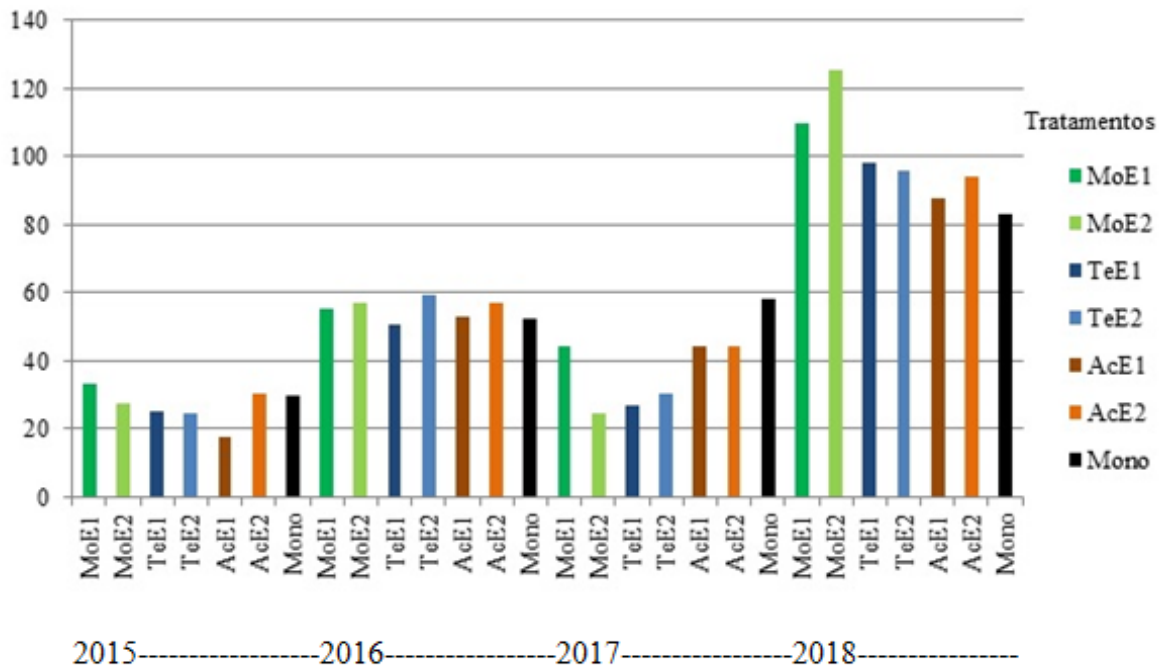
De acordo com o INCAPER (2018), o consórcio do café com o mogno, com o espaçamento de 12m x 9m, em estudo de 2 anos (2015-2016), mostra-se um sistema promissor tanto para o cafeeiro quanto para o mogno.

A espécie da árvore selecionada juntamente com o seu espaçamento, resultará em diferentes condições ao cafeeiro, isto é, as interações do componente arbóreo com os fatores bióticos e abióticos, condiciona condições de recursos favoráveis ou não, ao cafeeiro (Matsumoto;Viana, 2004), assim como o microclima (Araújo, 2015), gerado pela diferenciação das estruturas foliares da copa das árvores, refletindo em produtividades.

Por outro lado, observa-se que as safras acumuladas não diferenciaram-se quanto aos tratamentos, o que seria um resultado desejável para os produtores, ou seja, não ocorrendo perdas de produtividade do cafeeiro quando em presença das árvores, em relação ao monocultivo, pode-se verificar também a tendência de maiores produtividade quando em presença do mogno (Tabela 2).

No gráfico 2, encontra-se o comportamento da produtividade ao longo dos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018.





**Gráfico 2.** Produtividade (sc. ha<sup>-1</sup>) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9x13.6m); MoE2= mogno-africano (18x13.6m); TeE1= teca (9x13.6m); TeE2= teca (18x13.6m); AcE1= acrocarpo (9x13.6m); AcE2= acrocarpo (18x13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2017.

Com os dados de produtividade observa-se uma tendência marcante da bienalidade do cafeeiro, mesmo com as lavouras ainda jovens. É possível também verificar que a produtividade é crescente com o passar dos anos.

É interessante notar as tendências do cafeeiro conforme os espaçamentos adotados das árvores. O cafeeiro em consórcio com o MoE1 tende a produzir mais em bienalidade baixa em relação o MoE2 que produz mais em anos de alta. O cafeeiro com a espécie teca não apresentou um comportamento previsível. Já o cafeeiro em consórcio com o AcE2 parece ter uma tendência de produzir mais em relação ao AcE1, fato esperado pelo tamanho das plantas e o sombreamento proporcionado.

Este efeito comparativo ajuda a perceber a reação e o desempenho do cafeeiro em diferentes situações, agregando informações de escolha ao produtor.

Para a variável rendimento, os resultados abaixo indicam que, no primeiro biênio, não houve diferença dos tratamentos (Tabela 3), sendo o ano de 2015 referente à 2ª safra, os menores valores de rendimento em relação aos anos de 2016, 2017 e 2018, ou seja, foram necessárias maiores quantidades de frutos colhidos para completar uma saca de 60 kg de café beneficiado.

**Tabela 3.** Rendimento (l/sc) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9x13.6m); MoE2= mogno-africano (18x13.6m); TeE1= teca (9x13.6m); TeE2= teca (18x13.6m); AcE1= acrocarpo (9x13.6m); AcE2= acrocarpo (18x13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, nos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018.

Tratamentos	Rendimento (l/sc)			
	2015	2016	2017	2018
MoE1	788.70 Ab	562.26 Ab	440.67 Ab	355.56 Aa
MoE2	873.00 Ac	565.52 Ab	503.89 Bc	340.73 Aa
TeE1	664.44 Ac	623.47 Ab	443.31 Bc	378.78 Ba
TeE2	704.57 Ac	494.30 Ab	446.22 Bc	378.25 Ba
AcE1	740.03 Ac	528.78 Ab	401.48 Ab	357.17 Ba
AcE2	803.56 Ab	531.25 Ab	385.95 Ab	371.76 Ba
Monocultivo	787.09 Ac	575.92 Ab	435.13 Ab	411.89 Ba
Média	765.91	554.5	436.66	370.59
CV1 (%)			8.61	
CV2 (%)			7.34	
CV3 (%)			8.92	

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Observa-se que no ano de 2017 e 2018 o comportamento do rendimento foi semelhante a produtividade, ou seja, o cafeeiro em consórcio com MoE2, TeE1 e TeE2 permanece com os menores rendimentos, isto é, precisa de maior quantidade de fruto colhido para alcançar a saca de 60 kg de café beneficiado. Entretanto, em 2018, o cafeeiro em presença do mogno apresentou de forma positiva, maiores rendimentos.

Este fato negativo no ano de 2017, pode ser resultado da competição, principalmente, por água, promovendo a má formação dos grãos. Além disto, pode estar atribuído ao microclima local gerado pelas árvores, podendo afetar diretamente o desenvolvimento da casca (exocarpo) dos frutos do cafeeiro, já que o rendimento é calculado pela relação do peso do café colhido do peso do café beneficiado.

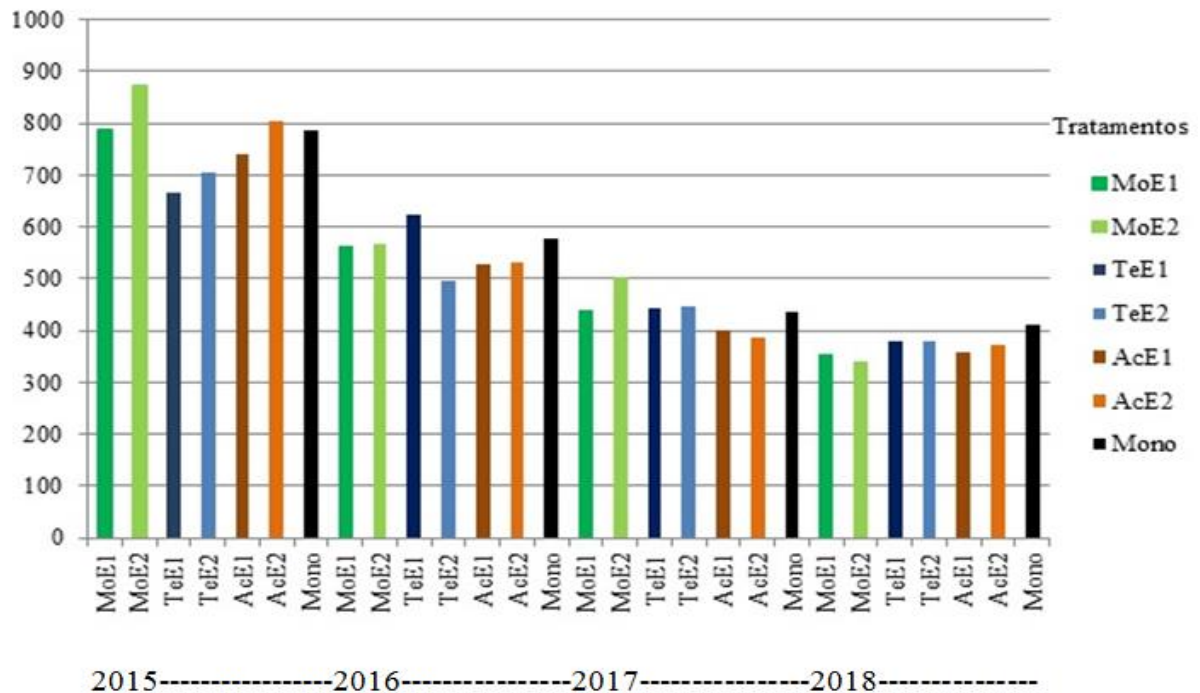
Permite-se dizer também, que o consórcio do cafeeiro com as espécies que mais emitem sombra, proporcionada pelo maior crescimento de copa, favorece frutos maiores e com maiores rendimento, embora copa com sombreamento excessivo, pode prejudicar a formação dos frutos, diminuindo o rendimento.

Boulay et al. (2000), verificaram que o café em consórcio com as arbóreas pupunha e ingá apresentaram maiores rendimentos para o produtor em relação ao cafeeiro em pleno sol. O sombreamento retarda a maturação de frutos de cafeeiro, indicando que a colheita será mais tardia em relação a cafezais a pleno sol, assim, a planta tem mais tempo para o processo de enchimento de grãos.

No trabalho de Figueiredo et al. (2015), foram encontrados maiores rendimentos do grão do cafeeiro quando em consórcio com as espécies arbóreas cedro, embaúba e andiroba. Moreira et al. (2018), observaram maiores rendimentos do cafeeiro quando em consórcio com a arbórea macaúba com cerca de 4m de distância entre as linhas dessas culturas no ano de forte seca na Zona da Mata Mineira em 2014. Logo, a umidade do solo pode também ser um dos fatores que favorece o maior rendimento do cafeeiro quando em consórcio.

Segundo Damatta (2004), o café arborizado, com conseqüente diminuição da radiação solar, altera o desenvolvimento fenológico do café, proporcionando maior período de grãos maduros, permitindo assim a maior rendimento dos grãos

No gráfico 3, encontra-se o comportamento do rendimento ao longo dos anos de 2015, 2016, 2017 e 2018.



**Gráfico 3.** Rendimento (l/sc) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9x13.6m); MoE2= mogno-africano (18x13.6m); TeE1= teca (9x13.6m); TeE2= teca (18x13.6m); AcE1= acrocarpo (9x13.6m); AcE2= acrocarpo (18x13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2017.

Observa-se uma tendência decréscimo do rendimento com o passar dos anos, ou seja, nas primeiras safras o rendimento do grão é menor, isto é, necessita-se de mais litros de café colhido para alcançar os 60 kg de saca de café beneficiado.

É relevante correlacionar este gráfico de rendimento (Gráfico 3) com o gráfico de produtividade (Gráfico 2), pois no geral, mostram comportamento de forma direta, isto é, quanto maior a produtividade, maior a rendimento, isto quer dizer que, quanto maior a produtividade, também maior será a renda dos grãos (grãos maiores) e maior será a lucratividade para o produtor.

#### 4 CONCLUSÕES

A altura do cafeeiro foi o único parâmetro influenciado pelas espécies arbóreas.

O sistema consorciado com as espécies arbóreas não influenciou a produtividade do cafeeiro até a 3ª safra, sendo que para a 5ª safra o consórcio com o mogno favoreceu a produtividade tanto no espaçamento 9 x 13.6 m quanto para o 18 x 13.6 m, embora, a produtividade acumulada não tenha apresentado efeito de tratamento.

#### AGRADECIMENTOS

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). Fazenda da Lagoa-MG pertencente à NKG (Neumann Kaffee Gruppe). Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

#### REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, A. V. et al. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, Lavras, 10 (2): 214 - 222, 2015.
- ASSIS, G. A. et al. Correlação entre crescimento e produtividade do cafeeiro em função do regime hídrico e densidade de plantio. **Biosci. J.**; Uberlândia, 30(3): 666-676, 2014.
- BOULAY, M.; SOMARRIBA, E.; OLIVIER, A. Calidad de Coffea arabica bajo sombra de Erythrina poeppigiana a diferentes elevaciones en Costa Rica. **Agroforestería en las Américas**, 7: 40-42, 2000.
- CAMARGO, M. B. P. de. The impact of climatic variability and climate change on arabic coffee crop in Brazil. **Bragantia**, Campinas, 69: 239-247, 2010.
- CARELLI, M.L.C. et al. Carbon isotope discrimination and gas exchange in Coffee species grown under different irradiance regimes. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, 11(2): 63-68, 1999.
- COCHETO-JUNIOR, D. G.; RICCI, M. S. F.; ALMEIDA, F. F. D. Alterações microclimáticas em cultivos arborizados do cafeeiro sob manejo orgânico. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento**. EMBRAPA AGROBIOLOGIA, p. 20, 2011.

- COSTA, A. S. V.; SILVA, M. B. Sistemas de consórcio milho feijão para a região do vale do rio doce, minas gerais. **Ciência e agrotecnologia**, 32(2): 663-667, 2008.
- DAMATTA, F.M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, Amsterdam, 86: 99-114, 2004.
- DARDENGO, M. C. J. D. et al. Crescimento e qualidade de mudas de café conilon produzidas em diferentes recipientes e níveis de sombreamento. **Coffee Science**, Lavras, 8(4):500-509, 2013.
- DIAS, P. C. et al. Morphological and physiological responses of two coffee progenies to soil water availability. **Journal of Plant Physiology**, 164(12): 1639-1647, 2007.
- FERREIRA, A. G. Interferência: Competição e Alelopatia. In: FERREIRA, A. G.; BORGHETTI, F. **Germinação do básico ao aplicado**. Porto Alegre: Artmed, 2004. P. 251-262.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, 35(6): 1039-1042, 2011.
- FIQUEIREDO, V. et al. Guia para produção de café sustentável na Amazônia: Experiência de Apuí. **Ficha catalográfica**. Piracicaba, 2015, 64p.
- IBA. Indústria brasileira de árvores. 2018. Disponível em: <https://iba.org/o-futuro-do-mercado-de-madeiras-nobres-no-brasil>. Acesso em: Mar/ 2019.
- INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa Assistência Técnica e Extensão Rural. 2018. <https://biblioteca.incaper.es.gov.br/digital/bitstream/123456789/3011/1/BRT-sistemasagroflorestais-saf-sales.pdf>. Acesso em: Dez/ 2019.
- JARAMILLO-BOTERO, C. et al. Production and vegetative growth of coffee trees under fertilization and shade levels. **Scientia Agricola**, 67: 639-645, 2010.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Arborização de cafezais nas regiões sul e sudeste. IN: **Arborização de cafezais do Brasil**. Vitória da Conquista, Bahia, 213, p. 2004.
- MATTA, F. M. da; RODRÍGUEZ, N. Producción sostenible de cafetales en sistemas agroforestales del eotrópico: una vision agronómica y ecofisiológica. **Agromía Colombiana**, Bogotá, 25(1): 113-122, 2007.
- MATSUMOTO, S. N.; VIANA, A. E. S. Arborização de cafezais na região Nordeste. In: MATSUMOTO, S. N. (Org.). **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: UESB, 2004. p. 212.
- MICCOLIS, A. et al. Restauração ecológica com sistemas agroflorestais: como conciliar conservação com produção opções para cerrado e caatinga. Guia Técnico. 266p. Brasília: **Instituto Sociedade, População e Natureza** – ISPN/Centro Internacional de Pesquisa Agroflorestal – ICRAF, 2016.

MOREIRA, S. L. S. et al. Intercropping of coffee with the palm tree, macaúba, can mitigate climate change effects. **Agricultural and forest meteorology**, 256: 379-390, 2018.

PARRA, J. R. P; REIS, P. R. Manejo integrado para as principais pragas da cafeicultura, no Brasil. **Revista Visão Agrícola**, Piracicaba, 12: 47-50, 2013.

RICCI, M. S. F.; MENEZES, M. B.; COSTA, J. R. Influência do sombreamento de cafeeiros manejados em sistema orgânico na região serrana do Estado do Rio de Janeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 41(4): 569-575, 2006.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. IN: Ferrão, m. A. G.; Muner, L. H. (eds). **Café Conilon**. Vitória: **INCAPER**, cap. 4, p. 95-119, 2007.

SAATH, K. C. de O.; FACHINELLO, K. A. L. Crescimento da demanda mundial de alimentos e restrições do fator terra no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 56(2), 2018.

WALLER, J. M.; BIGGER, M.; HILLOCKS, R. J. **Coffee pests, diseases and their management**. Wallingford: CABI, 2007. 434p.

## ARTIGO 3

**PRODUTIVIDADE E QUALIDADE SENSORIAL DE GRÃOS DE CAFEIEIRO  
ARÁBICA EM CONSÓRCIO COM ESPÉCIES MADEIREIRAS**

*Normas Revista Ciência e Agrotecnologia (Versão preliminar de artigo)*

**RESUMO**

O cultivo de cafeeiros em sistemas agroflorestais é uma alternativa viável, para mitigar os impactos das alterações climáticas sobre a produtividade e qualidade dos cafés. Dessa forma, objetivou-se avaliar a produtividade e a qualidade do cafeeiro nos anos de 2017 e 2018 sob a influência de diferentes espécies arbóreas em função dos espaçamentos. O ensaio foi instalado no município de Santo Antônio de Amparo-MG em 2012. Conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC) com quatro repetições. Os sete tratamentos foram: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 em monocultivo (3.40m x 0.65m) e consorciada com o mogno-africana, teca e acrocarpo, em dois espaços (9 x 13.6m e 18 x 13.6 m), na linha dos cafeeiros. Nas entrelinhas foram implantadas três linhas de café, no total de 13.6 m. Foram avaliadas as seguintes variáveis: maturação dos frutos (%), produtividade (sacas ha<sup>-1</sup>), rendimento (l/sc) e análise sensorial (prova de xícara) de grãos e análise de conteúdo dos atributos sensoriais. A partir das avaliações foi influenciado pelo consórcio a maturação dos frutos, produtividade, análise sensorial e os atributos sensoriais. Conclui-se que a espécie mogno independente do espaçamento é benéfico ao cafeeiro em comparação às espécies teca e acrocarpo, sendo uma opção para uma melhor produtividade, qualidade e sustentabilidade do sistema cafeeiro.

**Termos para indexação:** *coffea arabica*, madeireira, sistema agroflorestal, qualidade, nuances.



## ABSTRACT

The cultivation of coffee trees in agroforestry systems is a viable alternative to mitigate the impacts of climate change on coffee productivity and quality. Thus, this study aimed to evaluate the productivity and quality of coffee in the years 2017 and 2018 under the influence of different tree species and line spacing. The experiment was installed in Santo Antônio de Amparo, state of Minas Gerais, in 2012. A randomized block design (RBD) with four replications was used. The seven treatments were: cultivar Catuai Vermelho IAC 99 in monoculture (3.40m x 0.65m) and intercropped with African mahogany, teak and acrocarp, using two spacing (9 x 13.6m and 18 x 13.6 m) in the coffee trees lines. Between the lines, three lines of coffee were implanted, totaling 13.6 m. The following variables were evaluated: fruit maturation (%), productivity (bags ha<sup>-1</sup>), yield (l/sc) and sensory analysis (cup test) of grains and content analysis of the sensory attributes. From the evaluations, fruit maturation, productivity, sensory analysis and the sensory attributes were influenced by the intercropped system. It is concluded that the mahogany species is beneficial to the coffee tree in comparison to the teak and acrocarp species, regardless of the spacing, representing an option for a better productivity, quality and sustainability of the coffee system.

**Index terms:** *Coffea arabica*, timber, agroforestry system, quality, nuances.

## 1INTRODUÇÃO

A utilização dos sistemas agroflorestais (SAFs) aumenta a versatilidade da agricultura, além da possibilidade da diversificação produtiva (Schembergueet al., 2017). Para tanto, é fundamental que o sistema seja implantado corretamente, para se evitar problemas de manejo futuro, que muitas das vezes são irreparáveis (Bungenstab, 2012). Trabalhos têm demonstrado a importância da agrofloresta em sistemas produtores de café (Lin, 2011; Coltri et al., 2015).

As espécies da árvore selecionada ou seu arranjo espacial dentro de consórcio, resultam em diferentes mudanças no microclima (Araújo et al., 2015), ou seja, a inserção da espécie “chave” no sistema pode ser promissor para a produtividade e qualidade nos cafeeiros

Atualmente, o incentivo à incorporação de espécies madeireiras de alto valor comercial com o mogno (*Swietenia macrophylla*), teca (*Tectona grandis*), acrocarpo (*Cedrela odorata*), nas lavouras de café, pode gerar maior renda líquida em longo prazo (Sutuanca et al., 2009), bem como permitir por um maior período, a sustentabilidade do sistema. Outro ponto é a importância destas espécies florestais nas plantações de café, viabilizando a conservação de espécies ameaçadas (Cites, 2011).

A espécie a ser incorporada no sistema é de fundamental importância, por apresentar diferentes camadas de sombra, ou seja, as espécies de alta sombra (maioria das madeireiras), sombra intermediária (árvores frutíferas), e as de baixa sombra, como por exemplo, com plantios de bananeiras (Melo and Hagggar, 2005). Logo, o manejo florestal é muito importante para que não afete a cultura principal devido a sombras excessivas.

A sombra demasiada significa perda de produtividade e qualidade do café. Segundo Figueiredo (2016), a bebida do café pode ser melhorada sob condições de sombreamento parcial, porque influencia no peso e no tamanho do grão, ou seja, possibilitando acúmulos maiores de açúcar (DaMatta et al., 2007). Para Laviola et al. (2007) em localidades com temperaturas mais amenas, o tempo gasto no processo de formação de frutos torna-se mais prolongado, levando ao maior acúmulo de constituintes químicos que estão relacionados com a melhor qualidade da bebida do café, favorecendo ao consumidor a escolha por produtos de melhor qualidade e mais saudáveis (Barboza e Cazal, 2018).

Neste contexto, a importância com as questões ambientais atrelada a fonte de renda extra ao produtor e a melhoria da produtividade, bem como na satisfação do consumidor na

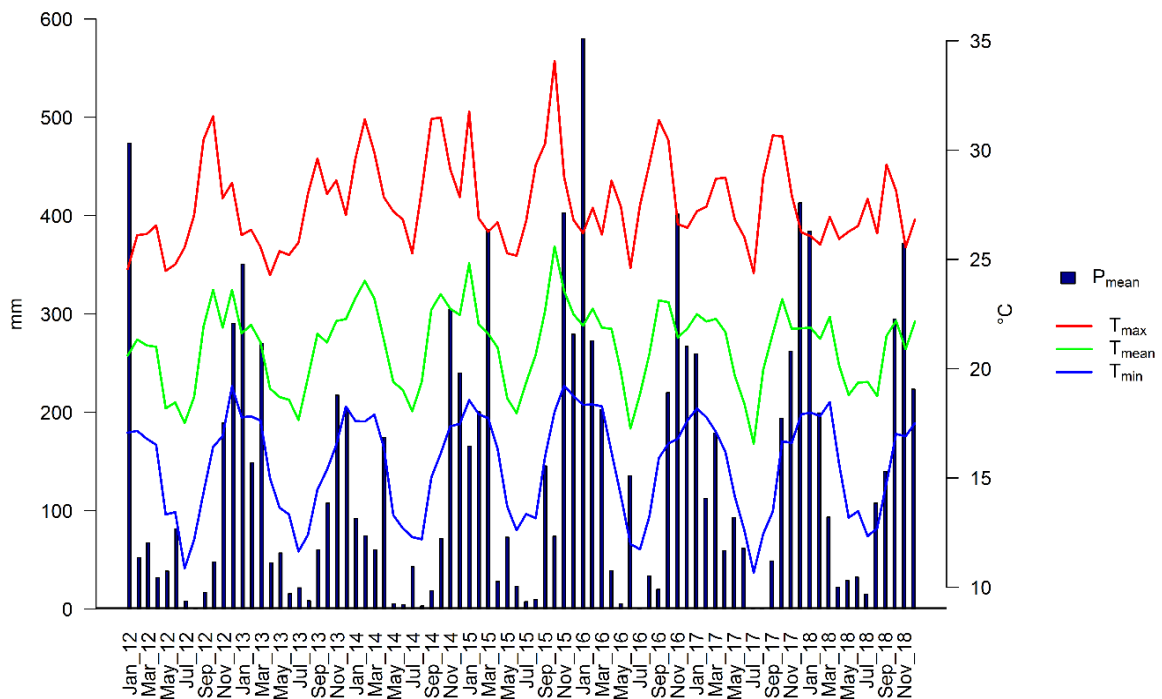
qualidade do café, são quesitos padrões, que vem sendo estratégias de segmentação de mercado de café no Brasil, sendo fortemente potencializados.

Existe grande demanda de conhecimento sobre a produtividade e a qualidade do cafeeiro em consórcio, embora pouca informação consolidada sobre os arranjos de plantio que permitam um melhor desempenho possível deste sistema na atualidade. Assim, objetivou-se com este trabalho, avaliar a produtividade e a qualidade sensorial do cafeeiro, nas safras de 2017 e 2018, sob a influência de diferentes espécies arbóreas, em função dos espaçamentos.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1- Caracterização da área experimental**

O experimento foi instalado em novembro de 2012, em uma propriedade denominada Fazenda da Lagoa pertencente ao grupo NKG (Neumann Kaffee Gruppe), localizada no município de Santo Antônio do Amparo-MG, região produtora de café do sul de Minas, cujas coordenadas são 20° 54' 58.1" S e 44° 51' 13.7" W. A região apresenta altitude de 1089 m, temperatura média de 19.8 °C e precipitação 1670 mm/ano (Gráfico1). Nos anos de 2017 (4ª colheita) e 2018 (5ª colheita) foram realizadas as avaliações de produtividade e qualidade de bebida.



**Gráfico 1.** Condições climáticas de precipitação (mm) e temperaturas (°C) da região de Santo Antônio do Amparo –MG, nos anos de 2012 a 2018.

## 2.2- Delineamento Experimental e Tratamentos

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados (DBC), contendo quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo. O experimento foi constituído por sete tratamentos. Os tratamentos foram constituídos pelos sistemas de cultivo: cafeeiros em monocultivo (Mono); cafeeiros consorciados com mogno-africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) no espaçamento de 9 x 13.6m (MoE1); cafeeiros consorciados com mogno-africano no espaçamento de 18 x 13.6m (MoE2); cafeeiros consorciados com teca (*Tectona grandis* L. f.) no espaçamento de 9 x 13.6m (TeE1); cafeeiros consorciados com teca no espaçamento de 18 x 13.6m (TeE2); cafeeiros consorciados com acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) no espaçamento de 9 x 13.6m (AcE1) e cafeeiros consorciados com acrocarpo no espaçamento de 18 x 13.6m (AcE2).

As três espécies madeireiras foram implantadas na linha dos cafeeiros, simultaneamente com o plantio da cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, no espaçamento de 3.40 m entre linhas por 0.65 entre plantas (Figura 1). No espaçamento entrelinhas foram implantadas três linhas de cafeeiros intercalados às espécies arbóreas, num total de 13.6 m, entre as linhas arborizadas. A área experimental recebeu adubações e tratos fitossanitários, de acordo com as recomendações para cada cultura.



**Figura 1.** Espécies das árvores: a) Mogno (*Khaya ivorensis* A. Chev.); b) Teca (*Tectona grandis* L. f.); c) Acrocarpo (*Acrocarpus fraxinifolius* Arn.) todas com sete anos de idade.

## 2.3- Características avaliadas

### 2.3.1- Produtividade e Rendimento

A colheita foi avaliada a partir da derrça total dos frutos por parcela, sendo avaliadas seis plantas em cada parcela, ou seja, três plantas que estavam localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95

m à esquerda e três plantas localizadas a 0.65, 1.30 e 1.95 m à direita da espécie arbórea linha de plantio. Posteriormente, os frutos colhidos das seis plantas foram misturados e retirada uma amostra de 4 L por parcela experimental. Estas amostras foram expostas ao sol até atingir o teor de água adequado para prosseguir com o beneficiamento (entre 11 e 12%), com revolvimento constante para que a secagem ocorresse de forma homogênea. Após o beneficiamento do café, foi realizada a pesagem da amostra, e, em seguida, foram determinados os cálculos de conversão para a produtividade (sacas há<sup>-1</sup>) e o rendimento (litros de café colhido/saca de café beneficiada de 60 kg).

### **2.3.2- Maturação**

Para a avaliação da maturação, foram retirados 100 frutos após a derriça de cada parcela, e os mesmos foram separados e contabilizados nos estádios verde/verde cana, cereja e passa/seco, sendo os dados expressos em porcentagem.

### **2.3.3- Análise sensorial**

Para esta análise, a colheita dos cafés foi realizada manualmente, selecionando-se apenas os frutos maduros “cerejas”, sendo avaliadas oito plantas em cada parcela, que estavam localizadas a 0.65, 1.30, 1.95 e 2.60 m à esquerda e a que estavam localizadas a 0.65, 1.30, 1.95 e 2.60 m à direita da espécie arbórea, a fim de colher 6 L de cada parcela. Imediatamente após a colheita, as amostras de café foram destinadas ao processamento via seca, onde foram lavadas e eliminados os frutos provenientes de má formação, e, posteriormente, levadas ao terreiro suspenso onde foram secadas ao sol até 11 a 12 % de teor de água. Em seguida, as amostras de café foram armazenadas em sacos de papel Kraft e revestidos por sacos plásticos em câmara fria à 18 °C, por um período de 40 dias até a realização do beneficiamento.

Para o beneficiamento das amostras foi utilizado um beneficiador portátil modelo DRC-1 n°83, e, sucessivamente, as mesmas foram acondicionadas em embalagens plásticas e

enviadas para a realização da análise sensorial.

A análise sensorial foi efetuada por três provadores (Q-grader), baseado na metodologia proposta por Lingle (2011), sendo os cafés especiais caracterizados por não apresentarem qualquer tipo de defeito na bebida, obtendo, no mínimo, 80 pontos no protocolo de avaliação de cafés especiais da Specialty Coffee Association of America (SCAA).

As amostras de café foram peneiradas por meio de uma peneira tamanho 16/64 e os grãos defeituosos foram descartados. Os seguintes 7 atributos foram avaliados: fragrância/aroma, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio e geral. Posto que, os demais atributos não apresentaram defeito sensorial, foram adotadas como xícaras limpas, presença de doçura e uniformidade em todas as amostras, atribuindo, portanto, a nota 10 (máxima). Com base na metodologia acima citada, os cafés receberam notas de 0 à 100, sendo que em um escore final superior a 80 foram classificados como cafés especiais.

#### **2.3.4- Sensograma**

Os resultados de uma análise sensorial podem ser apresentados por meio de um perfil sensorial que são representados por gráficos “sensogramas” conhecidos como radar ou teia de aranha, possibilitando uma melhor visualização dos atributos sensoriais (Sobreira et al. 2015), na qual o centro da figura representa o ponto zero da escala, aumentando o valor do centro para a periferia.

#### **2.3.5- Análise de conteúdo**

A partir das abordagens das nuances do café analisadas pelos “Q-graders”, foi utilizado o método de Análise de Conteúdo (Bardin, 1977), permitindo quantificar as nuances pela frequência das palavras, a fim de ter um melhor conhecimento do perfil sensorial e a intensidade das nuances dos tratamentos em estudo.

#### **2.4- Análise estatística**

Os valores das análises de maturação, produtividade, rendimento e análise sensorial foram submetidos à análise de variância, no programa estatístico SISVAR 4.3 (Ferreira, 2011). Os valores médios foram comparados pelo teste de Scott Knott, a 5% de significância. Os gráficos dos perfis sensoriais e as análises de conteúdo foram executados no software Microsoft® Office Excel©.

### **3RESULTADOS E DISCUSSÃO**

As variáveis produtividade, rendimento e análise sensorial foram significativos entre os anos de 2017 e 2018, e os tratamentos foram influenciados no ano de 2018 para a produtividade e para a análise sensorial (Tabela 1).



**Tabela 1.** Produtividade (sc ha<sup>-1</sup>), Rendimento (l/sc) e Análise sensorial (nota final) do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2017 e 2018.

Tratamentos	Produtividade (sc ha <sup>-1</sup> )		Rendimento (l/sc)		Análise Sensorial	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
MoE1	44.21 Ab	109.47 Aa	440.67 Ab	355.56 Aa	83.37 Ab	85.25 Aa
MoE2	24.34 Ab	125.34 Aa	503.89 Ab	340.73 Aa	83.50 Ab	85.00 Aa
TeE1	29.91 Ab	98.22 Ba	443.31 Ab	378.78 Aa	83.12 Ab	85.12 Aa
TeE2	30.43 Ab	95.57 Ba	446.22 Aa	378.25 Aa	83.75 Ab	85.12 Aa
AcE1	44.41 Ab	87.73 Ba	401.48 Ab	357.17 Aa	83.87 Aa	83.50 Ba
AcE2	44.21 Ab	93.87 Ba	385.95 Ab	371.76 Aa	83.00 Aa	83.37 Ba
Mono	58.25 Ab	83.19 Ba	435.13 Ab	411.89 Aa	83.25 Aa	83.62 Ba
Média	39.40	99.05	436.66	370.60	83.40	84.42
CV1 (%)		25.10		8.61		1.46
CV2 (%)		25.62		11.68		1.52
CV3 (%)		23.33		10.45		0.99

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Em relação a produtividade não houve diferença significativa dos tratamentos no ano de 2017, identificado como o 4º ano de colheita. O que também foi verificado no experimento de Salgado et al. (2004), em que a produtividade do café beneficiado não foi alterada quando em consórcio com as espécies arbóreas ingazeiro e grevilea, bem como em relação ao monocultivo, em um ensaio com 15 anos de idade, sendo que os cafeeiros foram recepados há cinco anos, encontrando-se em plena produtividade.

Entretanto, na tabela 1, referente a 5ª colheita, no ano de 2018, o consórcio com a espécie mogno favoreceu muito o cafeeiro, produzindo (125.34 sacas ha<sup>-1</sup>) independente do espaçamento utilizado.

Nota-se que houve uma interação positiva para o cafeeiro influenciada pelas espécies envolvidas no consórcio, o mogno e a teca em relação ao acrocarpo e ao monocultivo. Para a colheita de 2018, o cafeeiro já vem sendo estimulado no ano de 2017, para a etapa do processo produtivo de safra alta, isto é, fenômeno intrínseco à planta de café, juntamente com as condições climáticas favoráveis, principalmente de precipitação com 1683 mm e 1913 mm nos anos de 2017 e 2018, respectivamente, juntamente com os menores picos de temperatura máxima (Gráfico 1). Com precipitações bem distribuídas durante os anos, contribuindo positivamente como rendimento e a análise sensorial.

A opção por uma espécie arbórea e espaçamento adequados podem favorecer a produtividade do cafeeiro, por atenuar as condições extremas adversas do clima. Outra coisa seria a importância da serapilheira gerada no sistema agroflorestal, o que contribui para a ciclagem de nutrientes, principalmente o nitrogênio, além de conservação de água no solo (Caramori et al., 1995).

Estudos colaboram favoravelmente com o café consórciado com floresta, como na pesquisa de Moreira et al. (2018), que estudando o cafeeiro em consórcio com a arbórea macaúba, com cerca de 4.0 m de distância entre as linhas dessas culturas, obteve maiores

produtividades quando em consórcio em relação ao monocultivo. Em cultivo consorciado com a arbórea macadâmia, obteve-se maiores produtividades do cafeeiro quando comparado ao cultivo em pleno sol (Perdoná et al., 2013).

Pesquisa envolvendo o café irrigado no espaçamento de 0.7 x 3.5 m em consórcio com a macadâmia (4.9 x 10.5 m), apresentaram os maiores valores de rendimento para ambas, ou seja, um aumento de 60% na produtividade do café e 133% para a macadâmia, mostrando-se vantajosa a interação entre as espécies (Agência Fapesp, 2017).

Para o rendimento não se verificou diferença significativa nos tratamentos em cada ano de avaliação (2017 e 2018), porém, quando se compara os 2 anos de safra, existe a significância. No ano de 2018, houve maior rendimento em quantidade de fruto colhido para completar uma saca de 60 kg de café beneficiado, tendo uma relação direta com a maior produtividade, independente se o cafeeiro estava em consórcio ou em monocultivo, mostrando que a introdução do componente arbóreo não interferiu negativamente no rendimento do cafeeiro.

A obtenção de altas produtividades e rendimentos depende muito da interação entre as espécies que estão sendo consorciadas, bem como sua adaptabilidade (Abdoet al., 2008). Espera-se que o desenvolvimento radicular arbóreo atue, melhorando a qualidade física do solo, em médio a longo prazo (Padovan et al., 2015), de forma a favorecer a atividade radicular de ambas as plantas em consórcio.

Reforçando que a alta produtividade é decorrente da melhoria do grão, este estará maior e mais pesado, sendo uma contribuição do microclima da espécie arbórea, juntamente com as condições macroclimáticas (Gráfico1). Matiello et al. (2012), afirmam que a disponibilidade de água aumenta o acúmulo das reservas no grão, favorecendo a qualidade, implicando em rentabilidades.

Em relação a variável análise sensorial, em 2017 não foi verificado efeito significativo entre os tratamentos. Entretanto, no ano de 2018, as notas de qualidade de bebida foram maiores

para o cafeeiro em consórcio com o mogno (85.25) e a teca (85.12) quando comparado ao acrocarpo (83.37) e monocultivo (83.62), independente do espaçamento. No ano de alta safra obteve-se as maiores notas. Em geral, todos os tratamentos apresentaram notas muito boas, acima de 83 pontos, sendo considerados cafés especiais.

As notas atribuídas pelos provadores tem sido relevante, especialmente quando se considera a crescente preocupação em atender as exigências e preferências dos consumidores, sendo que a análise sensorial tem o seu reconhecimento, e até hoje é uma ferramenta importante para avaliar um produto quanto a sua qualidade (Teixeira, 2009; Minin, 2010). Assim, a produção de cafés de qualidade, em comparação ao sistema tradicional de produção de café, é diferenciada, por apresentar uma bebida superior, valorizar a cultivar e o local de cultivo, garantindo mais sustentabilidade econômica, ambiental e social na produção (Giomo and Borém, 2011). Garantindo valor ao produto final, que é bem aceito no mercado, como também maior retorno ao produtor.

Segundo Guyot et al. (1996), a classificação sensorial de cafés arborizados são destacados por apresentarem bebida de qualidade superior. A qualidade do café é proveniente da junção de diversos fatores que é acompanhado por toda a cadeia produtiva como a colheita, a seleção dos frutos, processamento, secagem e condições de armazenamento, como mencionado no trabalho de Clemente et al. (2015), atrelados também à interação com as condições ambientais.

O efeito benéfico da arborização no cultivo do cafeeiro está relacionado ao efeito de provocar alterações climáticas favoráveis à melhoria da qualidade fitossanitária da lavoura, bem como da produção de frutos com melhor qualidade (Turbay et al., 2014). As alterações microclimáticas estimulam a plasticidade do cafeeiro, podendo afetar a sua anatomia e sua fisiologia (Morais et al., 2003), aumentando a eficiência fotossintética e, provocando assim, a maior disponibilidade de fotoassimilados para o fruto.

Neste contexto, a colheita dos frutos no estádio cereja associados às boas práticas agrícolas favorece a classificação sensorial da bebida (Rehagro, 2018). O sabor característico da bebida proveniente do grão do café está diretamente influenciado pelos tratos culturais, clima, processos de secagem, fermentação, torrefação e moagem, contudo, todos os grãos devem apresentar uma série de compostos em equilíbrio, que possa possibilitar uma excelente bebida (Mello, 2001).

No entanto, a introdução de cultivo consorciado em lavouras cafeeiras, alteram o microclima local, como citado por Araújo et al. (2015), em geral, ingressando novos recursos ao sistema, melhorando os agregados do solo, bem como a disponibilidade de água e nutrientes. Isto se deve a utilização de espécies adequadas segundo DaMatta (2004a), acontecendo, portanto, de forma sinérgica, as melhores condições para o cultivo, proporcionadas pela forma correta de consorciação, podendo estimular a produtividade, rendimento, e a qualidade de bebida.

Para a variável maturação não se observou efeito de significância para o cafeeiro em consórcio com as espécies mogno, teca e em monocultivo, embora o cafeeiro tenha sido influenciado pela espécie acrocarpo, no ano de 2017 (Tabela 2).

**Tabela 2.** Maturação do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2017.

Tratamentos	Maturação (%)					
	Verde /Verde cana		Cereja		Passa /Seco	
	2017	2018	2017	2018	2017	2018
MoE1	43.75 Aa	46.25 Aa	28.00 Aa	36.00 Aa	28.00 Ba	17.75 Aa
MoE2	43.00 Aa	50.50 Aa	32.00 Aa	29.35 Aa	25.00 Ba	20.25 Aa
TeE1	43.50 Aa	42.75 Aa	33.25 Aa	33.75 Aa	23.25 Ba	17.75 Aa
TeE2	49.75 Aa	44.00 Aa	31.75 Aa	36.50 Aa	16.50 Ba	20.75 Aa
AcE1	22.50 Bb	37.00 Aa	31.50 Aa	40.25 Aa	46.00 Aa	15,75 Ab
AcE2	22.00 Bb	36.50 Aa	31.25 Aa	30.25 Aa	46.75 Aa	20.75 Aa
Mono	42.40 Aa	36.50 Aa	31.00 Aa	30.35 Aa	26.50 Ba	33.25 Aa
Média	38.15	43.92	31.25	35.47	30.25	20.90
CV1(%)		34.23		30.68		32.72
CV2(%)		27.55		23.51		7.34
CV3(%)		31.94		28.34		40.75

As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna e minúscula na linha não diferem entre si, pelo teste Scott-Knott, a 5% de significância.

Em 2017, o cafeeiro em consórcio com o acreocarpo apresentou-se com menores porcentagens de frutos verde/verde cana (22%) e maiores em frutos passa/seco (46.75%) quando comparados a espécie mogno, teca, e ao monocultivo. Nota-se uma desuniformidade da maturação no ano de 2017, embora, não afetando a sincronização dos frutos cereja e nem a produtividade e o rendimento das 2 safras (Tabela 1).

No ano de baixa produtividade em 2017, observa-se baixa porcentagem de frutos verdes/verde cana e alta nos frutos passa/seco, decorrentes de um ciclo fenológico rápido.

Esta alteração se deve à consorciação da planta de café com a espécie acrocarpo, de grande porte e crescimento muito rápido, sendo altamente responsiva a disponibilidade de água e com exigência alta em nutrientes, segundo Souza et al. (2010), ou seja, de alguma forma o cafeeiro ficou mais vulnerável à interação com o acrocarpo, podendo ter sofrido algum tipo de interferência ou concorrência juntamente com as adversidades climáticas.

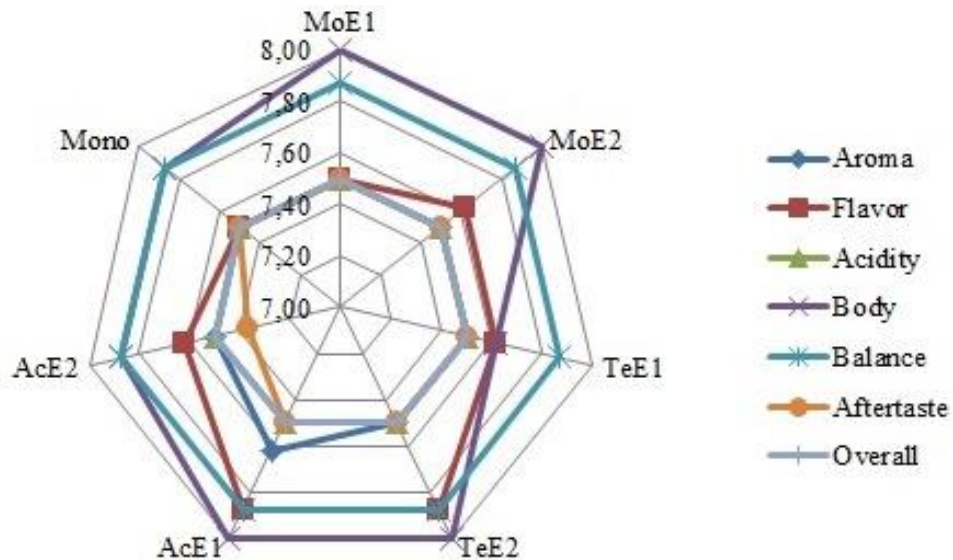
Pezzopane et al. (2007), verificaram diferença na mudança de fase de grãos verde, passa, e seco, dentro do sistema consorciado, diferenciando dos demais no estabelecimento da gema entumecida. Outra explicação seria que no ano de baixa produtividade, em 2017, houve baixo estímulo vegetativo, ocorrendo de forma mais rápida os processos de maturação.

O cafeeiro passa por sincronizações de crescimento e produção durante o mesmo ano. Logo, os efeitos do microclima advindos das diferentes espécies podem intensificar e/ou modificar a fenologia do cafeeiro, alterando a maturação.

Para a determinação do potencial de qualidade do café em consórcio com as diferentes espécies madeireiras e em monocultivo, a fim de atender os mais diversos paladares dos consumidores, só a pontuação final da análise sensorial já não é o bastante, os atributos sensoriais (Figuras 2 e 3) e as nuances (Figura 4) identificadas pelos provadores, tornam o café mais singularizado, único.

Para explorar o comportamento dos atributos sensoriais do café consorciado com as

diferentes espécies arbóreas e seus respectivos espaçamentos, foram construídos os “Sensogramas”, condicionando uma visualização clara das notas finais que compõem à análise sensorial (Figura 2 e 3).



**Figura 2.** Sensograma ilustrando os atributos sensoriais da bebida do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x 13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2017, em Lavras-MG.

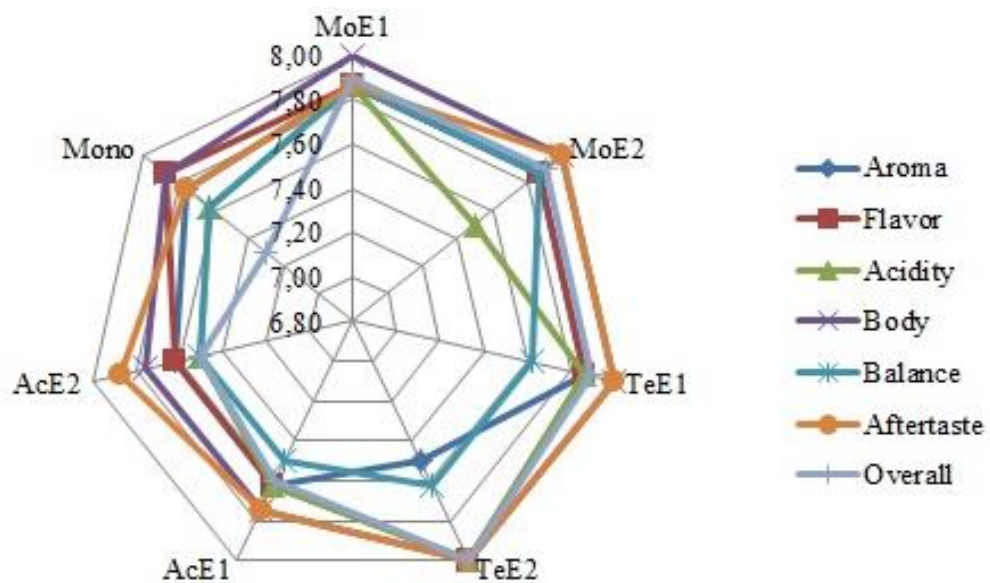
Nota-se, na figura 2, que as linhas mais distanciadas foram as que receberam as maiores notas, sendo o atributo corpo e o atributo equilíbrio. O café em consórcio com o MoE1, MoE2, TeE1 e AcE1, foi o que mais se destacou no atributo corpo, encontrando-se na extremidade do sensograma. É possível visualizar a significância no atributo corpo para o tratamento TeE1, possuindo as menores notas em relação aos demais tratamentos. Observa-se também, a variação do atributo sabor em que o café em consórcio com a TeE2 e o AcE2 apresentou as maiores notas.

O atributo finalização foi o que apresentou as menores notas, ou seja, o tempo de



permanência do gosto do café na boca. As notas do atributo geral, que seriam as médias de todos os atributos, não apresentaram diferenças entre os tratamentos, obtendo-se 7,5 como pontuação.

Percebe-se que os as notas dos atributos variam de safra a safra e, que neste estudo, a permanência das altas notas é para o atributo corpo, tanto no ano de 2017 (Figura 2) como no ano de 2018 (Figura 3).



**Figura 3.** Sensograma ilustrando os atributos sensoriais da bebida do café consorciado com: MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x 13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x 13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m); Mono= cafeeiro em monocultivo, no ano de 2018, em Lavras-MG.

No ano de 2018, mais atributos conseguiram alcançar a nota 8, evidenciando assim, as maiores notas da análise sensorial para esta safra. Neste contexto, as melhores notas foram para o atributo final TeE1 e TeE2 e para o MoE1. Sendo o atributo corpo para o café consorciado com mogno independente do espaçamento, e os atributos sabor e acidez para o café em consórcio com TeE2, estes conseguiram alcançar a nota 8.

As menores notas no ano de 2018 foram para os atributos acidez e equilíbrio, situadas

mais no centro do sensograma. E é clara a percepção da espécie mogno nos dois anos estudados, mostrando destaque a presença desta espécie para que o café atinja as melhores notas de qualidade e, estes são independente dos espaçamentos, o que não acontece com a espécie teca e acrocarpo.

As notas do atributo geral foram maiores no ano de 2018, principalmente para o cafeeiro em consórcio com o MoE1 (7.9); MoE2 (7.9); TeE1 (7.9); TeE2 (8,0) e menores para o monocultivo (7.3).

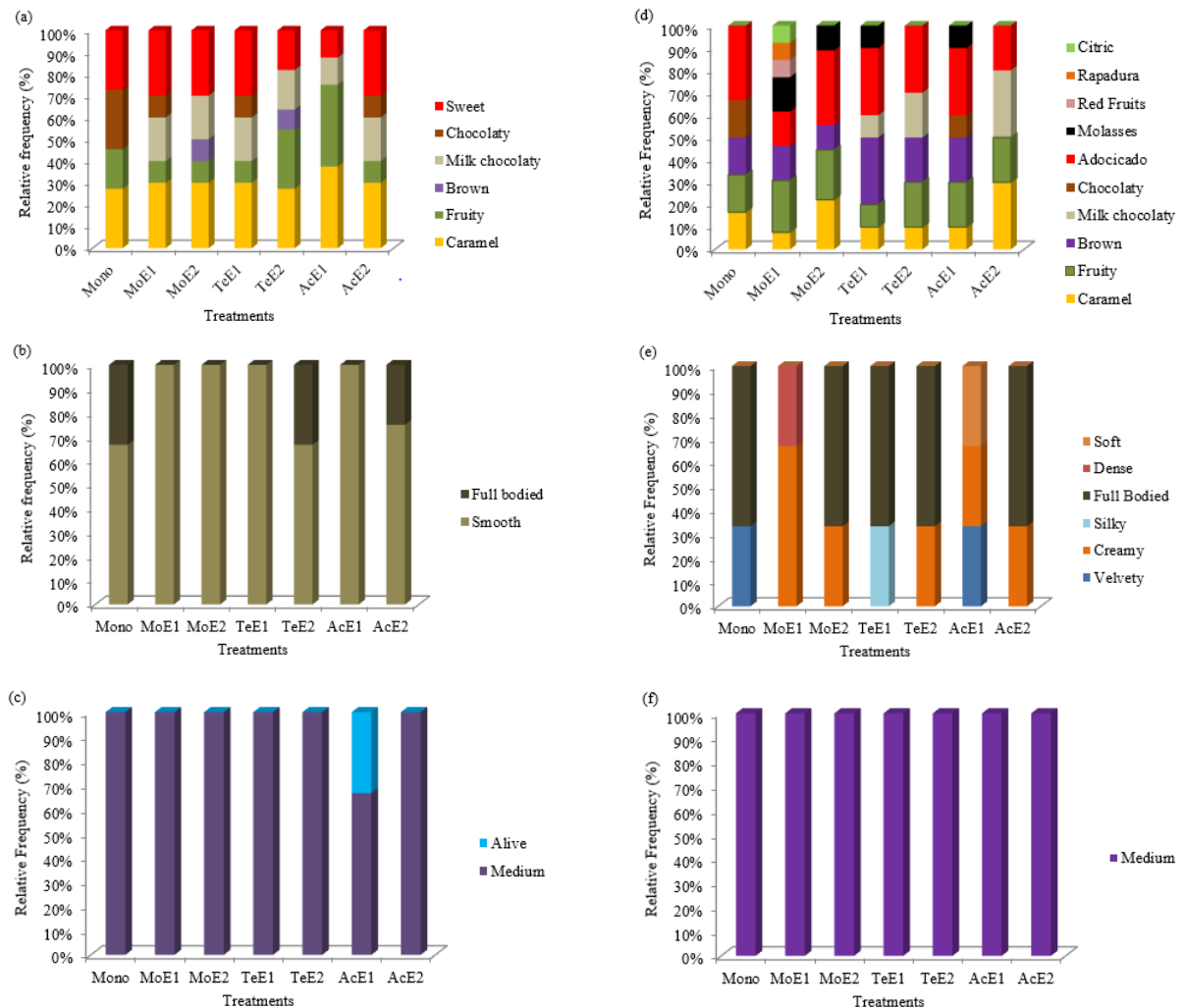
Para avaliação da análise de conteúdo, foi identificado o material com base na frequência das palavras (Bardin, 1977). Segundo, Sobreira et al. (2015), o estudo das nuances ajudam a diferenciar a qualidade e a intensidade das notas finais, podendo atender melhor os nichos de mercado.

Neste sentido, foram identificados 19 termos utilizados pelos provadores, para descrever as características dos cafés consorciados nos dois anos de colheita pra os atributos sabor/aroma, corpo, e acidez (Tabela 3).

**Tabela 3.** Nuances associadas aos atributos sensoriais do café referente a colheita de 2017 e 2018.

Atributos	Nuances
Sabor/Aroma	Caramelo; Mascavo; Chocolate ao leite; Chocolate; Frutado; Frutas vermelhas; Cítrico; Rapadura; Melado; Adocicado
Corpo	Suave; Encorpado; Macio; Denso; Cremoso; Aveludado; Sedoso
Acidez	Média; Viva

Na figura 4 estão ilustradas a frequência de palavras produzidas pelos provadores “Q-graders” sobre as nuances do café a partir do sabor/aroma, corpo e acidez, respectivamente, dentro de cada tratamento a partir da colheita do ano de 2017 e 2018.



**Figura 4.** Frequência relativa das nuances de sabor/aroma(a), corpo (b) e acidez (c) em 2017 e sabor/aroma(d), corpo (e) e acidez (f) em 2018. Para os tratamento: Mono= cafeeiro em monocultivo; MoE1= mogno-africano (9 x 13.6m); MoE2= mogno-africano (18 x 13.6m); TeE1= teca (9 x 13.6m); TeE2= teca (18 x13.6m); AcE1= acrocarpo (9 x 13.6m); AcE2= acrocarpo (18 x 13.6m).

A nuance perceptível no ano de 2017 para o atributo sabor/aroma (Figura 4a) foi a palavra caramelo, frutado e adocicado comum para todos os tratamentos. As nuances do

sabor/aroma para o café em consórcio com a espécie MoE1 e MoE2, apresentaram as mesmas frequências para o caramelo (32%), frutado (10%), chocolate ao leite (18%) e adocicado (27%).

O café em consórcio com TeE1 e TeE2 apresentaram as mesmas nuances apenas para chocolate ao leite (18%), sendo a maior frequência para o cafeeiro em consórcio com a TeE1, o caramelo (32%) e o adocicado (28%) e para TeE2 o frutado (27%).

Os cafeeiros em consórcio com o acrocarpo apresentaram nuances diferentes e foram dependentes dos espaçamentos, ou seja, quando em presença do AcE1 observou-se as mesmas frequências de 38% para caramelo e o frutado, e para AcE2, 31% para o caramelo e adocicado.

O acrocarpo, por mostrar-se uma espécie de crescimento vegetativo rápido, de acordo com Souza et al. (2010), apresenta uma maior copa, com influência sobre o cafeeiro, acarretando a interferência do fator espaçamento. Em relação ao monocultivo, os cafés exibem um sabor de caramelo, frutado, chocolate e adocicado, apresentando menores quantidades de nuances, juntamente com o cafeeiro em consórcio com o AcE1.

Para o atributo corpo, obtiveram permanência nas frequências das nuances suaves, aparecendo a nuance encorpado apenas para os tratamentos Mono (32%), TeE2 (32%) e AcE2 (23%). Para o atributo acidez, as nuances se mantiveram em acidez média, exceto para o AcE1 aparecendo a acidez viva (33%).

Na colheita referente ao ano de 2018, o atributo sabor/aroma e corpo adquiriram mais variações de nuances (Figura 4d,e), o que pode ter contribuído pelas notas mais altas da análise sensorial. O que também afirmam Agwanda et al. (2003), que observaram que o sabor é destaque na obtenção de ganhos na qualidade sensorial. Nota-se que houve mais distinção de sabores para todos os tratamentos, embora o sabor/aroma em comum seja o caramelo, frutado e o adocicado. Scholzet al. (2013), avaliando a qualidade de café, observaram também que caramelo e frutado são termos mais frequentes.

Verifica-se que os cafeeiros em consórcio com o MoE1 apresentaram a maior

diversidade de nuances (Figura 4d), como caramelo, frutado, mascavo, adocicado, melado, frutas vermelhas, rapadura e cítrico, inferindo um café com peculiaridades. Cafés que apresentam potencialidades mais aromáticas, são cafés com concentrações mais elevadas de compostos (Mondello et al., 2005).

Para o atributo corpo, todos tiveram variações, maior número de nuances (Figura 4e) quando comparado ao ano de 2017 (Figura 4b). O atributo corpo encorpado e cremoso foram mais aromáticos, são cafés com concentrações mais elevadas de compostos (Mondello et al., 2005).

Para o atributo corpo, todos tiveram variações e maior número de nuances (Figura 4e) quando comparados ao ano de 2017 (Figura 4b). Os atributos corpo encorpado e cremoso, foram predominantes dentre os tratamentos, não aparecendo o encorpado apenas para o MoE1 e AcE1, e a nuance cremosa não se apresentando para os tratamentos em monocultivo e para a TeE1 (Figura 4e).

Observa-se também, as mesmas frequências do encorpado com 65% para o monocultivo, MoE2 e TeE1. Nota-se as maiores quantidades de nuances de sabor/aroma e corpo para 2018, em comparação ao ano de 2017. Em relação à acidez média, esta obteve as maiores frequências para as duas safras estudadas.

No trabalho de Anunciação et al. (2016), obtiveram também variações das características sensoriais do café nas duas safras estudadas. Os compostos químicos presentes nos grãos de café são influenciados por vários fatores ao longo da cadeia de produção (Sunarharumet al., 2014). Para Ribeiro et al. (2016), a qualidade sensorial do café está fortemente influenciada pelos fatores ambientais, pelo impacto na origem dos compostos químicos presentes no grão cru.

Os perfis com nuances distintas, principalmente nos sabores, favorece um alcance mais amplo por parte dos consumidores com exigência distintas do prazer em consumir a bebida de

café. Contudo, são escassos na literatura científica, trabalhos sobre nuances de cafés especiais, sendo que novas pesquisas devem ser feitas para argumentar mais sobre o assunto.

#### **4CONCLUSÕES**

A espécie mogno, independente do espaçamento, é benéfica ao cafeeiro em comparação às espécies teca e acrocarpo, sendo uma opção para melhor produtividade, qualidade, e sustentabilidade do sistema cafeeiro.

Os atributos sensoriais, sabor/aroma e corpo foram influenciados pelos tratamentos e anos de colheita.

Apesar de todos os cafés em consórcio e em monocultivo produzirem cafés especiais, a análise de conteúdo é bem aplicada para melhor distinção dos cafés, atendendo melhor as exigências de mercado.

#### **AGRADECIMENTOS**

Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (*CAPES*). Fazenda da Lagoa- MG pertencente à NKG (Gruppe Kaffee Neumann). Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) e o Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café – Consórcio Pesquisa Café.

#### **REFERÊNCIAS**

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S. V.; MARTINS, A. L. M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, 1. 50-59, 2008.

AGÊNCIA FAPESP. Consórcio com a macadâmia protege o café e aumenta sua produtividade- 2017. Available in: <<http://agencia.fapesp.br/consorcio-com-a-macadamia-protege-o-cafe-e-aumenta-sua-productividade/24643/>>. **Acesso in:** 23 jan. 2019.

AGWANDA C. O. et al. Selection for bean and liquor qualities within related hybrids of Arabica coffee in multi-local field trials. **Euphytica**, 131: 1-14, 2003.

ARAÚJO, A. V. et al. Microclima e crescimento vegetativo do café conilon consorciado com bananeiras. **Coffee Science**, 10(2):214-222, 2015.

ANUNCIACÃO, A. S.; SILVA JÚNIOR, L. S. da. Análise da qualidade do café obtido por torrefação a vácuo. **Revista CSBEA**, 2 (1): 1-7, 2016.

BARBOZA, C. H.; CAZAL, M. M. Avaliação da influência de características sensoriais e do conhecimento nutricional na aceitação do chá-mate. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, 21/e2017075, 2018.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo**. Lisboa: Edições 70; 1977.

BUNGENSTAB. Sistemas de integração lavoura-pecuária-floresta. In: SERRA, A. P., BUNGENSTAB, D. J.; ALMEIDA, R. G.; LAURA, V. A.; FERREIRA, A. D. A. **Fundamentos técnicos para a implantação de sistemas de integração lavoura pecuária-floresta com eucalipto**. Brasília: Embrapa, 2012. v.2, p.1-25.

CARAMORI, P. H.; ANDROCILO FILHO, A.; BAGGIO, A. J. Arborização do cafezal com *Grevílea robusta* no norte do estado do Paraná. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, 38 (4):1031-1037, 1995.

CITES. Convention on international trade in endangered species of wild fauna and flora 2011. Available in: <<http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml>>. **Acesso in:** 10 mai. 2019.

CLEMENTE, A. C. S. et al. Operações pós-colheita e qualidade físico-química e sensorial de cafés. **CoffeaScience**, Lavras, 10 (2): 233-241, 2015.

COLTRI, P.P. et al. Empirical models to predict LAI and aboveground biomass of Coffea arabica under full sun and shaded plantation: a case study of South of Minas Gerais, Brazil. **Agroforestry Systems**, 89 (4): 621-636, 2015.

DaMATTA, F. M. Ecophysiological constraints on the production of shaded and unshaded coffee: a review. **Field Crops Research**, 86 (2-3): 99-114, 2004a.

DaMATTA, F. M. et al. Ecophysiology of coffee growth and production. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Londrina, 19 (4): 485-510, 2007.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**, 35 (6):1039-1042, 2011.

FIGUEIREDO, V. G.; GOMES, M. de A.; CARRERO, G. C. Sistemas Agroflorestais e a produção de café agroflorestal na Amazônia. **Nota Técnica**, 2016, Rio de Janeiro, 228p.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo horizonte, 32 (261): 7-16, 2011.

GUYOT, B. et al. Influence de l'altitude et de l'ombrage sur la qualité des cafés arabica. **Plantation Recherche, Développement**, Versalhes, 3 (4): 272- 280, 1996.

LAVIOLA, B. G. et al. Assimilates allocation in fruits and leaves of coffee plants cultivated in two altitudes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 42 (11): 1521-1530, 2007.

LIMA, L. A.; CUSTÓDIO, A. A. P.; GOMES, M. N. Produtividade e rendimento do cafeeiro nas cinco primeiras safras irrigado por pivô central, Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, 32 (6), 2008.

LIN, B. Resilience in agriculture through crop diversification: adaptive management for environmental change. **BioScience**, 61.183-193, 2011.

LINGLE, T. R. The coffee cupper's handbook: a systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor. Long Beach: **Specialty Coffee Association of America**, 2011. 66p.

MATIELLO, J. B. et al. Estiagem prolongada prejudica café na Bahia. Varginha: PROCAFÉ, (**Folha Técnica**, 140), 2012, 4p.

MELO, E; HAGGAR, J. **Cómo analizar y manejar los árboles en mi cafetal. Guía para evaluación con productores y productoras, versión preliminar**. Costa Rica: CATIE, 2005. 20 p.

MELLO, E. V. A. Cafeicultura no Brasil. In: Zambolim, L.(Ed.) **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: Editora UFV, 2001. p. 565-606.

MONDELLO, L. et al. Reliable characterization of coffee bean aroma profiles by automated headspace solid phase microextraction-gas chromatography-mass spectrometry with the support of a dual-filter mass spectra library. **Journal of separation science**, 28. 1101-1109, 2005.

MORAIS, H. et al. Características fisiológicas e de crescimento do cafeeiro sombreado com guandu e cultivado a pleno sol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 38 (10): 1131-1137, 2003.  
MOREIRA, S. L. S. et al. Intercropping of coffee with the palm tree, macaúba, can mitigate climate change effects. **Agricultural and Forest Meteorology**, 256-257. 379-390, 2018.

MININ, V.P.R. **Análise Sensorial: estudos com consumidores**. 2ed. Viçosa, MG. Ed. UFV, 2010, 308p.

PADOVAN, M. D.A. P. et al. Root distribution and water use in coffee shaded with Tabeluarós e a Bertol. and Simarouba Glauca DC. Compared to full sun coffee in sub-optimal environmental conditions. **Agroforestry Systems**, 89(5):743-749, 2015.

PERDONÁ, M. J. CRUZ, J. C. S.; FISHER, I. H. Cultivo consorciado de café e macadâmia. **Pesquisas e Tecnologia**, 10(2), 2013.

PEZZOPANE, J. R. et al. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana 'prata anã'. **Bragantia**, 66(44): 701-709, 2007.



REHAGRO. Colheita de café como elemento de qualidade-2018. Available in: <<https://rehagro.com.br/blog/colheita-de-cafe/>> Acesso in: 27 dez. 2019.

RIBEIRO, D. E. et al. Interaction of genotype, environment and processing in the chemical composition expression and sensorial quality of Arabica coffee. **African Journal of Agricultural Research**, 27(11): 2412-2422, 2016.

SALGADO, B. G. et al. Produtividade de cafeeiros arborizados com ingazeiro e com grevilea em Lavras-MG. **Agrossilvicultura**, 2(1): 155-162, 2004.

SCHEMBERGUE, A. et al. Sistemas agroflorestais como estratégia de adaptação aos desafios das mudanças climáticas no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, 55(1), 2017.

SOBREIRA, F. M. et al. Sensory quality of arabica coffee (*Coffea arabica*) genealogic groups using the sensogram and content analysis. **Journal of Crop Science**. Austrália, 9(6): 486-493, 2015.

SOUZA, J. C. A. V. de.; BARROSO, D. G.; CARNEIRO, J. G. de A. Cedro australiano (*Toona ciliata*). (Programa Rio Rural. Manual técnico, 21), Niterói, **Rio Rural**, 14 p. 2010.  
SCHOLZ, M. et al. Sensory attributes and physico-chemical characteristics of the coffee beverage from the IAPAR cultivars. **Coffee Science**, 8(1): 6-16, 2013.

SUATUNCE, P; DÍAZ, G; GARCÍA, L. Evaluación de cuatro especies forestales asociadas con café (*Coffea arabica* L.) y en monocultivo en el litoral Ecuatoriano. **Ciencia y tecnología**, 2(2): 29-34, 2009.

SUNARHARUM, W. B, WILLIAMS, D. J, SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: A compositional and sensory perspective. **Food Res**, 62. 315-325, 2014.

TURBAY, S. B. et al. Adaptación a la variabilidad climática entre los caficultores de las cuencas de los ríos Porce y Chinchiná, Colombia. **Investigaciones Geográficas**, p. 95-112, 2014.

ANEXOS  
ARTIGO 1

→ CORRELAÇÕES DAS CANÔNICAS

Canônicas-Março (época chuvosa)		
2015		
*Tratamento	Can1	Can2
<b>s</b>		
AcE1	0,0931947	-3,15891465
AcE2	-2,3634529	-1,50125338
MoE1	-1,4494815	3,14749438
MoE2	-1,0204178	3,59449722
Mono	10,8235817	0,08466134
TeE1	-3,7245648	0,76912338
TeE2	-2,3588594	-2,93560827
<b>**Variáveis</b>	<b>Can1</b>	<b>Can2</b>
A	-0,05650572	-0,675377426
Gs	-0,34860483	-0,495119805
E	0,37292060	-0,470820036
EUA	-0,17864357	0,368273153
DPV	0,77276524	0,186434331
T	0,68356429	0,205521290
U	-0,75902318	-0,109009195
R	-0,35242690	-0,026434124
PRI	0,19557666	0,097210738
PSRI	0,31678737	-0,276602120
NDVI	0,13918709	0,449779966
WBI	0,19871209	-0,002325993
ARI 1	0,28722458	0,289724627
SIPI	0,34157950	0,022109163
FRI	0,15008769	0,122436688

Canônicas-Março (época chuvosa)		
2016		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	-1,61932271	-2,76282557
AcE2	2,00157061	-0,03651851
MoE1	2,14545498	1,79458044
MoE2	-0,28397403	0,16400356
Mono	-3,22174601	2,44207795
TeE1	1,02337623	-0,38298538
TeE2	-0,04535908	-1,21833250
<b>Variáveis</b>	<b>Can1</b>	<b>Can2</b>
A	-0,60128828	0,279593149
gs	-0,36139994	0,222258316
E	-0,42838556	-0,164357322
EUA	-0,06293585	0,264640217
DPV	0,28408363	-0,575030460
T	0,24490354	-0,492609400
U	-0,31336399	0,566996165
R	0,32343577	-0,000908276
PRI	-0,15649755	0,306030586
PSRI	0,342929257	-0,058090714
NDVI	0,14743404	0,239117228
WBI	0,20733755	-0,056310294
ARI 1	0,10390009	0,328602219
SIPI	0,11715104	0,186474507
FRI	0,03422605	0,091495969

Canônicas-Março (época chuvosa)		
2017		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	-4,69466114	-0,1663533
AcE2	0,7065326	0,5635771
MoE1	2,4761566	3,0198952
MoE2	1,5287028	-1,7933321
Mono	2,9153182	-2,1142115
TeE1	-0,4932679	0,7423329
TeE2	-2,4387810	-0,2519082
Variáveis	Can1	Can2
A	-0,04760150	-0,332617868
gs	0,01951934	0,253970370
E	-0,10267799	0,290224368
EUA	0,11575981	-0,327187743
DPV	-0,06677175	0,032460438
T	-0,06586555	0,026438285
U	0,10530570	0,007382582
R	0,21425327	0,359498559
PRI	0,33782415	-0,106380895
PSRI	-0,01505917	-0,194813419
NDVI	0,62676592	-0,189080859
WBI	0,16914733	-0,286152569
ARI 1	0,51460386	0,04512021
SIPI	0,54623698	-0,215614372
FRI	0,42652302	-0,248900217
MPa	0,18053753	0,270618895

Canônicas-Março (época chuvosa)		
2018		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	-0,2421170	1,0144029
AcE2	2,8277394	-1,4357005
MoE1	1,4695483	-1,7090885
MoE2	1,3364245	2,2090146
Mono	-7,9164056	-0,5120713
TeE1	-0,4699868	0,8694014
TeE2	2,9947974	0,5640413
Variáveis	Can1	Can2
A	0,063761800	0,303607097
gs	0,356031400	-0,020034897
E	-0,001517433	-0,182069761
EUA	0,360691280	-0,062828314
DPV	-0,533072335	0,038067888
T	-0,348481960	0,005721411
U	0,522348724	0,051864552
R	0,230432371	-0,465074721
PRI	-0,496018073	-0,155656210
PSRI	0,146243472	0,058228340
NDVI	-0,500652859	-0,249360373
WBI	0,023382408	0,106652207
ARI 1	-0,270701409	-0,235588604
SIPI	-0,440302692	-0,273445733
FRI	-0,332315775	-0,207761984
MPa	0,300305827	-0,235882459

Canônicas-Setembro (época seca)		
2015		
*Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	4,4771624	-2,155025
AcE2	-9,2201782	1,079620
MoE1	0,1916652	2,725076
MoE2	-0,3092995	3,714555
Mono	0,3241990	-6,331902
TeE1	5,0924923	4,040015
TeE2	-0,5560412	-3,072338
**Variáveis	Can1	Can2
A	-0,13839051	0,523710346
Gs	-0,02809744	0,583764760
E	-0,18544860	0,560274118
EUA	0,10659202	-0,276893586
DPV	-0,07269442	-0,573043689
T	-0,03220837	-0,161404595
U	-0,05405220	0,282374672
R	0,03275882	0,133709621
PRI	0,02441472	0,309628758
PSRI	0,16047139	0,066889465
NDVI	-0,18679842	0,007457324
WBI	-0,14293755	-0,094727891
ARI 1	-0,38377159	-0,102077100
SIPI	-0,10714780	0,088085598
FRI	-0,05328551	-0,137148711
MPa	0,65476266	0,399702844

Canônicas-Setembro (época seca)		
2016		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	4,0575875	-0,2710403
AcE2	4,0505932	0,8558658
MoE1	-1,8908763	-1,0128397
MoE2	-3,5710334	-2,7687252
Mono	-4,1579129	4,0647353
TeE1	2,2783296	0,6784771
TeE2	-0,7666876	-1,5464731
Variáveis	Can1	Can2
A	0,153825871	-0,31303316
gs	0,035935803	-0,48083549
E	-0,054544948	-0,27670406
EUA	0,204087956	0,03446860
DPV	-0,142364727	0,42611664
T	-0,045729459	0,36713701
U	0,094872552	-0,31905835
R	0,130977264	0,22385731
PRI	0,357637220	-0,00496216
PSRI	0,149783483	0,42200893
NDVI	0,063205380	-0,07651090
WBI	0,12396391	-0,10470688
ARI 1	-0,007578929	0,36112415
SIPI	0,076569466	-0,00271672
FRI	-0,166186100	-0,13425277
MPa	-0,912776886	-0,20615875

Canônicas-Setembro (época seca)		
2017		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	-2,800417	-0,2281336
AcE2	-4,157017	-1,6576864
MoE1	7,049076	-4,3923131
MoE2	2,039879	4,4246467
Mono	-4,639213	-2,4661614
TeE1	0,495620	3,7761602
TeE2	2,012072	0,5440876
Variáveis	Can1	Can2
A	0,687688061	0,242601792
gs	0,469803350	0,159759743
E	0,062390164	0,003587234
EUA	0,704812004	0,285360845
DPV	-0,905238119	-0,180632324
T	-0,865945375	0,205407609
U	0,9215627661	-0,218633109
R	0,027626991	0,223494144
PRI	0,007596709	0,048404990
PSRI	-0,094213679	0,325502941
NDVI	0,522585179	-0,298597993
WBI	0,286205547	0,257973646
ARI 1	0,224343219	0,005273452
SIPI	0,490451400	-0,199006308
FRI	-0,088263426	0,264282900
MPa	-0,033474845	0,174122728

Canônicas-Setembro (época seca)		
2018		
Tratamentos	Can1	Can2
AcE1	-3,8309638	-4,4241923
AcE2	1,5618611	4,4166904
MoE1	6,1879512	-3,0269003
MoE2	-1,1528066	0,7138105
Mono	2,5003143	-0,5805130
TeE1	-5,4102264	0,58693558
TeE2	0,1438702	2,3141689
Variáveis	Can1	Can2
A	0,06865168	0,29710015
gs	0,17585293	0,09908065
E	0,36466886	0,13362870
EUA	-0,08694633	0,12291820
DPV	0,21582129	0,06009706
T	-0,21319940	0,13846349
U	-0,30771563	-0,09508020
R	-0,04679570	0,28139933
PRI	0,01808911	0,29075356
PSRI	-0,12270625	0,06318605
NDVI	0,30093113	-0,12691216
WBI	-0,13266306	0,17530379
ARI 1	0,63435451	0,40382230
SIPI	0,26841236	-0,15545212
FRI	0,14145660	-0,25412817
MPa	0,34418959	-0,60690112

\*AcE1: acrocarpos (9x13,6m); AcE2: acrocarpos (18x13,6m); MoE1: mogno (9x13,6m); MoE2: mogno (18x13,6m); Mono: monocultivo (3,40x 0,65m); TeE1: Teca (9x13,6m); TeE2: Teca (18x13,6m).

\*\* A (fotossíntese); gs (condutância estomática); E (transpiração); EUA (uso eficiente da água); DPV (déficit de pressão de vapor); T (temperatura); U (umidade); R (radiação); PRI (índice de reflectância fotoquímica); PSRI (índice de reflectância de senescência); NDVI (índice de vegetação por diferença normalizada); WBI (índice de banda de água); ARI1 (índice de reflectância de antocianinas); SIPI (índice de pigmentos independentes de componentes estruturais); FRI (índice de reflectância de flavonoides); MPa (potencial hídrico).

➔ **POTENCIAL HÍDRICO (MPa), DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR (DPV), TEMPERATURA (T) E UMIDADE (U) (continua)**

Quadrados médios -2015					
Fonte de variação	GL	MPa	DPV	T	U
Bloco	3	0,002	2,11**	38,88**	402,78**
Tratamentos	6	0,07**	1,37**	9,86*	196,65**
Erro A	18	0,008	0,10	3,17	23,92
Época	1	6,05**	28,41**	16,07	6864,28**
Erro B	3	0,002	0,13	4,11	7,47
Tratamento X Época	6	0,007**	0,66**	4,52**	88,53**
Erro C	18	0,008	0,10	0,85	11,39
Médias Gerais		0,57	2,19	29,53	49,03
CV 1(%)		16,05	15,02	6,03	9,97
CV 2(%)		8,96	16,70	6,87	5,58
CV 3(%)		16,05	14,71	3,13	6,88
Quadrados médios -2016					
Fonte de variação	GL	MPa	DPV	T	U
Bloco	3	0,04**	1,80**	32,57**	256,11*
Tratamentos	6	0,30**	0,44**	6,95**	48,64**
Erro A	18	0,01	0,09	1,68	10,84
Época	1	11,24**	55,00**	340,07**	12540,07**
Erro B	3	0,04	0,24	0,45	20,97
Tratamentos X Época	6	0,29**	0,01	0,40	2,40
Erro C	18	0,01	0,02	0,34	4,58
Média Geral		0,70	2,27	31,07	50,39
CV 1(%)		15,59	13,44	4,17	6,53
CV 2(%)		30,35	21,78	2,16	9,09
CV 3(%)		14,90	7,57	1,88	4,25
Quadrados médios-2017					
Fonte de variação	GL	MPa	DPV	T	U
Bloco	3	0,04	5,28**	84,42*	574,61**
Tratamentos	6	0,16	0,17	1,83	6,12
Erro A	18	0,10	0,07	1,59	12,74
Época	1	11,55*	61,80**	41,14*	6820,07**
Erro B	3	0,05	0,10	2,04	37,07
Tratamentos X Época	6	0,13	0,19**	3,05*	5,02
Erro C	18	0,10	0,04	1,07	4,14
Média Geral		0,69	2,63	30,50	41,00
CV 1(%)		46,61	10,71	4,14	8,71
CV 2(%)		32,52	12,40	4,69	14,85
CV 3(%)		45,86	8,42	3,40	4,96

**→ POTENCIAL HÍDRICO (MPa), DÉFICIT DE PRESSÃO DE VAPOR (DPV), TEMPERATURA (T) E UMIDADE (U) (conclusão)**

Quadrados médios -2018					
Fonte de variação	GL	MPa	DPV	T	U
Bloco	3	0,001	0,80**	20,58**	169,00**
Tratamentos	6	0,01	0,27**	6,15*	67,80**
Erro A	18	0,01	0,02	1,90	8,08
Época	1	0,91*	2,79	986,16*	46,44
Erro B	3	0,004	0,47	8,58	61,44
Tratamentos X Época	6	0,01	0,11**	1,70	14,40*
Erro C	17	0,01	0,01	0,85	4,79
Média Geral		0,37	1,22	24,91	58,26
CV 1(%)		27,17	13,52	5,55	4,88
CV 2(%)		17,41	56,44	11,77	13,45
CV 3(%)		32,66	10,37	3,71	3,76

\* = significativo a 5%, \*\* = significativa a 1%

**→ PRODUTIVIDADE**

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Produtividade
Bloco	3	88,45
Tratamento	6	251,51
Erro A	18	227,48
Anos	3	27840,97**
Erro B	9	295,92
Tratamentos X Anos	18	432,02**
Erro C	54	193,50
Média Geral	55,03	
CV 1(%)	27,40	
CV 2(%)	31,26	
CV 3(%)	25,28	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativa a 1%

ARTIGO 2  
→ ALTURA DO CAFEIEIRO

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Altura
Bloco	3	0,01
Tratamento	6	0,01
Erro A	18	0,008
Ano	3	3,57**
Erro B	9	0,005
Tratamento X Ano	18	0,009*
Erro C	54	0,005
Média Geral	1,64	
CV 1(%)	5,74	
CV 2(%)	4,71	
CV 3(%)	4,46	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

→ DIÂMETRO DO CAULE

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Diâmetro de caule
Bloco	3	0,41**
Tratamento	6	0,10
Erro A	18	0,05
Ano	3	23,55**
Erro B	9	0,12
Tratamento X Ano	18	0,04
Erro C	54	0,05
Média Geral	4,43	
CV 1(%)	5,38	
CV 2(%)	8,11	
CV 3(%)	5,44	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

→ DIÂMETRO DE COPA DO CAFEIEIRO

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Diâmetro de copa
Bloco	3	0,0008
Tratamento	6	0,01
Erro A	18	0,01
Ano	3	2,89**
Erro B	9	0,002
Tratamento X Ano	18	0,006
Erro C	54	0,004
Média Geral	1,73	
CV 1(%)	6,39	
CV 2(%)	3,00	
CV 3(%)	3,96	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1



### → PRODUTIVIDADE

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Produtividade
Bloco	3	88,45
Tratamento	6	251,51
Erro A	18	227,48
Ano	3	27840,97**
Erro B	9	295,92
Tratamento X Ano	18	432,02**
Erro C	54	193,50
Média Geral	55,03	
CV 1(%)	27,40	
CV 2(%)	31,26	
CV 3(%)	25,28	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

### → RENDIMENTO

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Rendimento
Bloco	3	6527,07*
Tratamento	6	8968,69**
Erro A	18	2097,63
Ano	3	843375,36**
Erro B	9	1522,62
Tratamento X Ano	18	8214,86**
Erro C	54	2249,56
Média Geral	531,92	
CV 1(%)	8,61	
CV 2(%)	7,34	
CV 3(%)	8,92	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

**ARTIGO 3**  
**→PRODUTIVIDADE**

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Produtividade
Bloco	3	89,53
Tratamento	6	246,01
Erro A	18	300,18
Ano	1	50549,51**
Erro B	3	312,62
Tratamento X Ano	6	1159,21**
Erro C	18	259,23
Média Geral	69,01	
CV 1(%)	25,10	
CV 2(%)	23,62	
CV 3(%)	23,33	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

**→RENDIMENTO**

Quadrados médios		
Fonte de variação	GL	Rendimento
Bloco	3	3473,45
Tratamento	6	2811,02
Erro A	18	1207,89
Ano	1	61114,08*
Erro B	3	2222,99
Tratamento X Ano	6	4931,42*
Erro C	18	1778,38
Média Geral	403,63	
CV 1(%)	8,61	
CV 2(%)	11,68	
CV 3(%)	10,45	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

### →ANÁLISE SENSORIAL

Fonte de variação	Quadrados médios	
	GL	Análise sensorial
Bloco	3	1,14
Tratamento	6	1,86
Erro A	18	1,49
Ano	1	14,50*
Erro B	3	1,62
Tratamento X Ano	6	1,60
Erro C	18	0,68
Média Geral	83,91	
CV 1(%)	1,46	
CV 2(%)	1,52	
CV 3(%)	0,99	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

### →MATURAÇÃO VERDE /VERDE CANA

Fonte de variação	Quadrados médios	
	GL	Verde/ verde cana
Bloco	3	11,19
Tratamento	6	95,24
Erro A	18	49,59
Ano	1	97,78
Erro B	3	32,11
Tratamento X Ano	6	53,82
Erro C	18	43,16
Média Geral	20,57	
CV1 (%)	34,23	
CV2 (%)	27,55	
CV3 (%)	31,94	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

### →MATURAÇÃO CEREJA

Fonte de variação	Quadrados médios	
	GL	Cereja
Bloco	3	297,19
Tratamento	6	50,16
Erro A	18	105,63
Ano	1	216,07
Erro B	3	62,02
Tratamento X Ano	6	56,48
Erro C	18	90,16
Média Geral	33,50	
CV1 (%)	30,68	
CV2 (%)	23,51	
CV3 (%)	33,50	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%

### →MATURAÇÃO PASSA /SECO

Fonte de variação	Quadrados médios	
	GL	Passa/ seco
Bloco	3	20,88
Tratamento	6	73,90**
Erro A	18	17,99
Ano	1	330,28**
Erro B	3	0,90
Tratamento X Ano	6	99,45**
Erro C	18	27,90
Média Geral	12,96	
CV1 (%)	32,72	
CV2 (%)	7,34	
CV3 (%)	40,75	

\* = significativo a 5%, \*\* = significativo a 1%