

EFEITO DAS VARIÁVEIS AMBIENTAIS NA PRODUÇÃO DE CAFÉ EM UM SISTEMA AGROFLORESTAL

José Nunes Pinto Neto¹, Maria Inês Nogueira Alvarenga², Marcelo de Paula Corrêa³,
Carla Cristina de Oliveira⁴

Recebido: 20 de abril de 2013; aceito: 1 de julho de 2013

RESUMO: O sistema agroflorestal (SAF) surgiu como uma alternativa para o agricultor, possibilitando possíveis melhorias na produtividade, nas interações ecológicas e na qualidade ambiental, tendo em vista o controle aos efeitos da chuva de granizo, geadas, ventos frios etc. Objetivou-se, neste estudo, verificar a interferência de diferentes níveis de sombreamento sobre os parâmetros de fitomassa e biomassa microbiana e correlacioná-los à produção de grãos, verificando a atenuação da radiação fotossintética ativa – PAR, conforme as medições realizadas acima e abaixo do dossel, e compará-las ao sombreamento causado pelas araucárias através do tratamento de fotografias. O estudo foi realizado em uma plantação consorciada de café e araucária com três níveis distintos de sombreamento: café em sombreamento intenso - CSI, café em sombreamento médio - CSM e café sem sombreamento - CSS. A análise do tratamento das fotografias revelou que há uma relação direta entre a redução da radiação fotossintética ativa e a área de café sombreada sob as araucárias. Em relação à fitomassa, observou-se que a maior quantidade ocorreu no CSI, não diferindo estatisticamente do CSM. Já para a biomassa microbiana, o valor mais alto foi encontrado no CSS, que não alterou estatisticamente do CSM. A gleba CSM apresentou-se como a mais adequada para o cultivo do café, em termos de radiação disponível.

Termos de indexação: Fitomassa, biomassa microbiana, radiação, sombreamento.

EFFECTS OF ENVIRONMENTAL VARIABLES IN COFFEE PRODUCTION IN AGROFORESTRY SYSTEM

ABSTRACT: The agroforestry systems come up as an alternative for the farmer, by improving productivity, ecological interactions, and environmental quality, in order to control the effects of hail, frost, cold winds etc. In such context, the aim of this study was to check the interference of different levels of shade on the phytomass and microbial biomass parameters and correlate it to the grain production; besides checking the lessening of the Photosynthetically Active Radiation (PAR), by means of measurements carried out above and below the canopy, and compare it to the shade caused by the araucarias as inferred by means of photograph treatment. The study was conducted at a coffee plantation intercropped with araucarias with three different shade levels: Coffee in intense shade (CIS), coffee in regular shade (CRS), and coffee without shade (CWS). Photograph treatment study analysis showed that there was a straight correlation between the lessening of the PAR and the shaded area under the araucarias. In relation to the phytomass, it was observed that the largest quantity occurred in the CIS, which did not differ statistically from the CRS. For the microbial biomass, the highest value was found in the CWS, which did not differ statistically from the CRS. The CRS structure is presented as the most suitable for the cultivation of coffee in terms of available radiation.

Index terms: Phytomass, microbial biomass, radiation, shaded area.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é reconhecido como um dos países mais competitivos na cafeicultura mundial, sendo o Sul do estado de Minas Gerais, a maior região produtora. No entanto, nesta região ocorrem áreas marginais, caracterizadas por ocorrência de chuvas de granizo, geadas e ventos frios, que prejudicam o cultivo devido aos danos ocasionados ao cafezal, como desfolha e queima das plantas. O estudo de técnicas de manejo, como a arborização

do cafezal, possibilita o desenvolvimento do café em áreas anteriormente consideradas marginais, podendo minimizar o problema em médio prazo, sendo fundamentais para a tentativa de maximizar a produtividade.

A arborização de um cafezal pode proporcionar reduções significativas nos custos de produção do café, permitindo a exploração de outro produto comercial em uma mesma área de cultivo, empregando mão de obra em maior tempo e proporcionando um produto

¹Universidade Federal de Itajubá/Unifei - Instituto de Recursos Naturais/IRN - Cx. P. 50 - 37.500-903 - Itajubá - MG
neto_unifei@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Itajubá/Unifei - Instituto de Recursos Naturais/IRN - Cx. P. 50 - 37.500-903 - Itajubá - MG
minesalvarenga@gmail.com

³Universidade Federal de Itajubá/Unifei - Instituto de Recursos Naturais/IRN - Cx. P. 50 - 37.500-903 - Itajubá - MG
mpcorrea@gmail.com

⁴Empresa Meta Ambiental - Rua Teodoro Sampaio, 1020 - Conj. 304 - Pinheiros - São Paulo - SP - carlaoliveira_eam@yahoo.com.br

diferenciado, abrindo novas opções de mercado e de preços (GROSSMAN, 2003; SAES; SOUZA; OTANI, 2003). No que diz respeito aos aspectos microclimáticos, o uso da arborização no cafeeiro visa minimizar a exposição das plantas aos riscos climáticos como geadas, excesso de radiação solar, temperaturas elevadas e ventos excessivos, além de melhorar a fertilidade do solo e reduzir a lixiviação de nutrientes (VAAST et al., 2006). A constatação das alterações no clima do planeta faz com que novas técnicas de manejo sejam criadas, visando melhores adaptações da lavoura ao novo cenário climático mundial.

Em um cafezal arborizado não ocorre um nível de radiação ótimo para o crescimento e produtividade do café, mas sim um ponto de estabilização, que é diferenciado para as variáveis estudadas. O ponto de estabilização corresponde a 70% de radiação, sendo que até esse limiar, o aumento da radiação provocou aumento no desenvolvimento das plantas. O sombreamento moderado (entre 20 e 30%) pode ser adequado para a cultura do cafeeiro, pois além de não prejudicar o crescimento das plantas, proporciona melhor qualidade dos frutos e não reduz sua produtividade (LUNZ et al., 2007).

Apesar da pouca tradição no cultivo de café em SAF, algumas pesquisas sugerem a possibilidade dessa prática alcançar êxito em determinados locais do país, principalmente naqueles onde as condições ambientais não são ideais ao cafeeiro. A utilização de algumas espécies consorciadas ao cafezal pode conferir proteção à lavoura, mesmo com incidência de geadas rigorosas, como ocorreu no SAF café x grevilea, que após adulta conferiu proteção efetiva (restringida a cerca de 4 a 5 metros, a partir de seu tronco) ao café, contra geadas severas (CARAMORI et al., 2004).

A arborização do cafezal, com intensidade de sombreamento adequada, pode apresentar as seguintes vantagens: produção de frutos de maior tamanho, manutenção de um ambiente favorável à produção, aumento do número de ramos primários dando maior capacidade produtiva ao cafeeiro e minimização contra os efeitos do vento, que vão desde danos mecânicos até reações fisiológicas prejudiciais a fermentos que facilitam a penetração de patógenos (HERNANDES; PEDRO JUNIOR; BARDIN, 2004).

O cultivo consorciado com culturas arbóreas pode aumentar a quantidade de fitomassa depositada na superfície do solo, oferecendo proteção contra o impacto das gotas de chuva e evitando variações bruscas de umidade e

temperatura, além de ter ligação direta com o desenvolvimento de comunidades microbianas, sendo essas capazes de indicar o nível de degradação do solo (ALVARENGA; MARTINS, 2004). Bayer e Mielniczuk (2008) também estudaram a relação direta entre a matéria orgânica depositada no solo, sendo essa a principal fonte de energia para a atividade microbiana.

O sombreamento na plantação pode também influenciar o desenvolvimento de plantas daninhas. Os autores avaliaram o acúmulo de biomassa de plantas daninhas em plantio de milho consorciado com *Brachiaria brizantha* (Hoehst. Ex A. Rich) Stapf. Concluíram que o plantio simultâneo entre as duas espécies levou a uma menor taxa de incremento na biomassa de plantas daninhas (BORGHI et al., 2008). Esse fato foi também verificado por Melloni et al. (2013), onde foi constatado que o plantio de café sob sombreamento está diretamente relacionado à redução de plantas daninhas, nas linhas de plantio da lavoura.

Objetivou-se, neste estudo, correlacionar os dados de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acima e abaixo do dossel em função da área sombreada, inferida a partir de medições sistemáticas, através de sensores e do mapeamento de pixels de fotografias abaixo do dossel das araucárias. Além disso, também propõe avaliar a produção de fitomassa, biomassa microbiana e produtividade de grãos, em um sistema agroflorestal café x araucária.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no município de Pedralva-MG (22°14'34" S; 45°27'57" W, altitude: 911 m), em lavoura de café Catuaí, plantado no espaçamento de 4,0 m entre-linhas e 1,0 m entreplantas. Em 1979, em função da ocorrência de geadas, foi realizado o plantio de araucárias, com espaçamento de 4,0 m entrelinhas e 4,0 m entreplantas. Posteriormente, tendo-se em vista a interferência negativa das araucárias na produção de café, as mesmas foram submetidas ao desbaste. A área é atualmente dividida em três glebas: café com sombreamento intenso (CSI), café com sombreamento médio (CSM) e café sem sombreamento (CSS).

Para os parâmetros fitomassa e biomassa microbiana foram coletadas 6 amostras por tratamento, no período de 2 anos, já para a produtividade coletaram-se 3 amostras por tratamento.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado (DIC) devido à uniformidade da área de estudo. No tratamento dos dados foi utilizado o Teste de Duncan, 5%.

2.1 Fluxos de radiação

Na avaliação dos fluxos de radiação no local de estudo foram realizadas medidas sistemáticas utilizando os seguintes sensores fabricados pela Li-Cor Biosciences: LI-190 (Quantum Sensor) e LI-191 (Line Quantum Sensor), para medidas da radiação fotossinteticamente ativa (PAR), em ambientes abertos e sob cobertura de dosséis, respectivamente. Os dados foram coletados ao longo de 31 dias, em intervalos regulares de 15 minutos por dois Dataloggers, a cada visita ao experimento.

A fim de mensurar a atenuação acarretada pelo dossel das araucárias, o sensor LI-191 ficou por 14 dias na gleba CSI (11/01 até 25/01), 10 dias na CSM (25/01 até 04/02) e 7 dias na CSS (04/02 até 11/02). O local de montagem do aparato contendo o sensor foi cuidadosamente escolhido, a fim de caracterizar de forma eficaz as três glebas da área de estudo. Cabe ressaltar que as medições da gleba CSI foram prorrogadas devido à nebulosidade e precipitação ocorridas na primeira semana de medições. O sensor LI-190 ficou exposto ao sol, sem interferência de sombreamento, como recomenda o fabricante, ao longo de toda coleta de dados.

Deste modo, a atenuação (A) de radiação foi inferida pelo quociente entre os fluxos de radiação PAR medidos pelos sensores LI-190 e LI-191, dado pela equação:

$$A = \frac{(PAR_{LI-191} - PAR_{LI-190})}{PAR_{LI-190}} \cdot 100 [\%]$$

Para estabelecer uma comparação entre os dados coletados pelo sensor LI-191 e o efeito do dossel das araucárias, foram tiradas fotografias que capturassem a situação de sombreamento em que o sensor LI-191 (Line Quantum Sensor) estava exposto nas glebas CSI e CSM. Para mensurar o erro do método utilizado, foram também efetuadas fotografias a céu aberto em condições de nebulosidade, na gleba CSS. Todas as imagens foram tratadas nos softwares Global Mapper 11® e ArcGIS 9.2®. Nesses programas foi possível converter os pixels em tons de preto e branco para inferir, a partir da relação entre pixels pretos e brancos, a proporção da área sombreada pelo dossel.

2.2 Fitomassa

Para a avaliação da fitomassa foram utilizados: estrutura metálica, com dimensões 0,5 x 0,5 m, sacos de papel, balança eletrônica e estufa. Em campo, fixou-se a estrutura metálica em um local onde houvesse uma boa representatividade de fitomassa na região da gleba em questão. A cobertura vegetal foi coletada com o auxílio de um podão no interior da estrutura metálica. A amostra foi armazenada em saco de papel previamente identificado.

Os sacos de papel contendo as amostras de fitomassa foram levados para uma estufa com circulação forçada de ar a 70°C, até obtenção de peso constante. Os valores das pesagens foram anotados e foram calculadas as produções de matéria seca em toneladas por hectare (t.ha⁻¹), conforme metodologia utilizada por Alvarenga (1996).

2.3 Respiração basal e carbono da biomassa

Após a retirada da fitomassa foram coletadas amostras de solo na projeção da copa dos cafeeiros para avaliação da respiração basal e do carbono da biomassa, nas diferentes intensidades de sombreamento, sendo repetidas no intervalo de um ano.

A avaliação da respiração basal e do carbono da biomassa foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Ferreira, Camargo e Vidor (1999), sendo empregado o método da irradiação/incubação. Assim, foi possível quantificar o CO₂ liberado durante a incubação da amostra em temperatura ambiente, sendo o CO₂ capturado por uma solução de NaOH e posteriormente titulado com HCl, conforme determinado por Anderson (1982).

2.4 Produtividade de grãos

Para análise dos grãos de café cereja, foram escolhidas 4 plantas da parcela útil de cada tratamento (CSI, CSM, CSS) da área de estudo. Para efetuar a coleta, utilizou-se derriça manual sobre o pano. Depois de colhido, o café foi transportado até a Universidade Federal de Itajubá -UNIFEI, onde foi colocado em terreiro de cimento para secagem ao sol. Durante o processo de secagem, houve movimentação constante do café, para a homogeneização da secagem. Após atingir um valor próximo de 12% de umidade, os grãos foram descascados e pesados.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Fluxos de radiação

Depois de calibrados, primeiramente foi realizada uma comparação entre os sensores LI-190 e LI-191. Pela Figura 1, indica-se que existe correlação entre os dados da radiação fotossinteticamente ativa (PAR) coletados pelos sensores, proporcionando um desvio médio (~5%) e inferior ao erro instrumental proposto pelo fabricante (~7%) (DataLOGGER model LI – 1400, 2010).

Para avaliação da área sombreada, foi coletada uma amostra representativa de mais de 30 fotografias das glebas de estudo. A Figura 2 (A) apresenta o diagrama de caixa (boxplot) dessas avaliações. Esse tipo de gráfico apresenta, entre outras informações, a mediana dos dados analisados, a partir da qual se pode observar que a gleba CSI é sombreada por um dossel que cobre, aproximadamente, 84% do hemisfério superior, enquanto que, na gleba CSM, esse sombreamento representa cerca de 68%. Com o intuito de inferir o erro contido no método de

contagem de pixel, calculou-se a possível área sombreada na gleba CSS, uma vez que pixels originários de áreas mais escuras como, por exemplo, nuvens cumulonimbus, mais profundas poderiam resultar em classificações de sombra. Os resultados mostram que, mesmo em condições de céu cinzento, a porcentagem de pixels escuros é inferior a 1%. Sendo assim, adotou-se o erro estimado para o modelo utilizado.

A Figura 2 (B) apresenta a atenuação sofrida pela radiação solar ao atravessar o dossel de araucárias que protege a plantação de café. Como a primeira semana do experimento na gleba CSI foi caracterizada por dias com intensa precipitação e muito nublados, optou-se, para evitar qualquer tipo de tendência na série, por repetir as medidas nessa gleba. Desse modo, existem duas séries de medidas na área CSI, sendo que a primeira – CSI(1) – se refere à semana com dias nublados e a segunda – CSI(2) – a dias ensolarados e nublados, que refletiram melhor a radiação no período de avaliação. Nas demais glebas, também houve equilíbrio entre dias ensolarados e nublados durante as medidas.

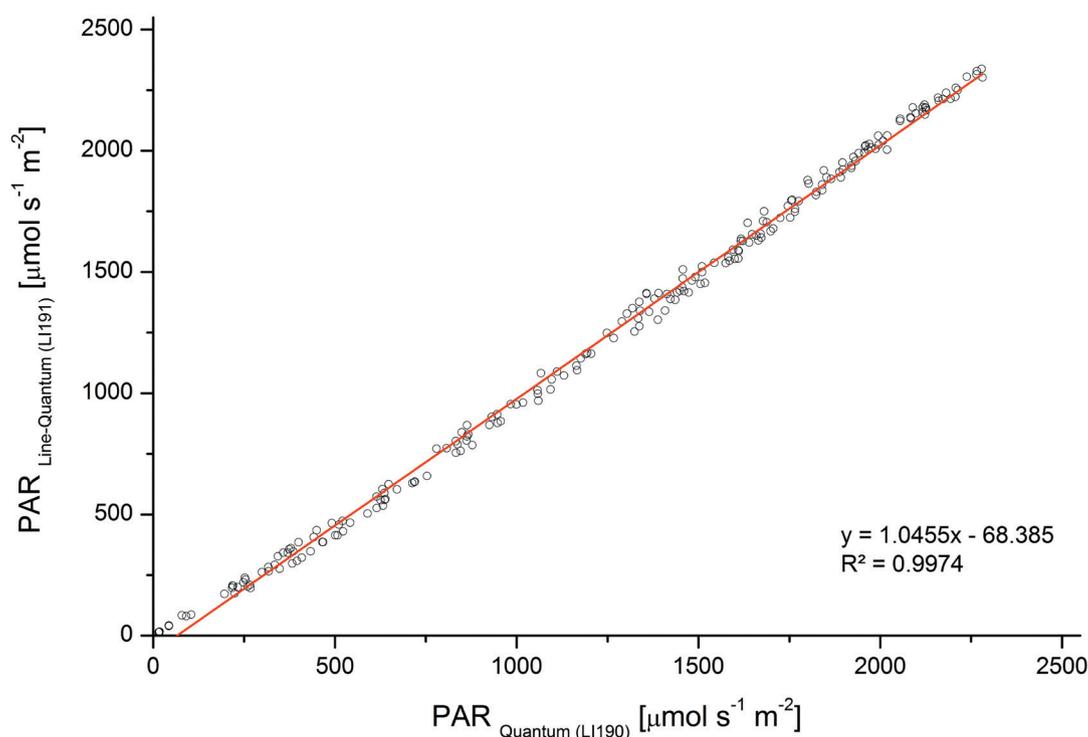


FIGURA 1 - Correlação entre 261 medidas realizadas pelos sensores LI-190 e LI-191 obtidas nas diferentes intensidades de sombreamento do SAF café - araucária em Pedralva / MG.

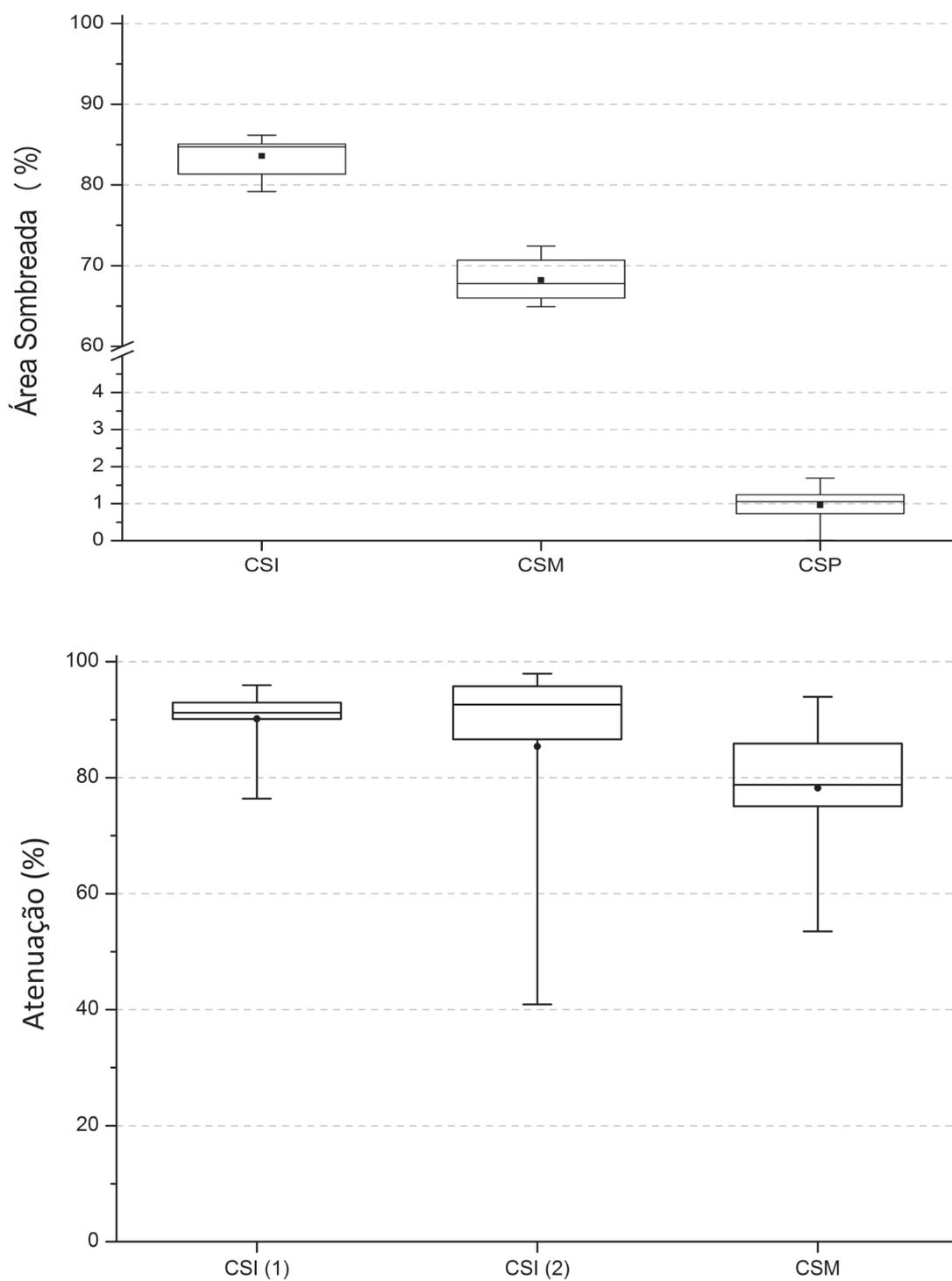


FIGURA 2 - A) Boxplot das análises de área sombreada a partir da contagem de pixels de fotografias do dossel. CSI – Café com Sombreamento Intenso; CSM – Café com Sombreamento Médio; e CSP: Café a Sem Sombreamento, sem cobertura vegetal. **B)** Atenuação de radiação PAR provocada pela cobertura dos diferentes dosséis. CSI(1): Café com Sombreamento Intenso, com nebulosidade e precipitação intensas; CSI(2): Café com Sombreamento Intenso, dias ensolarados sem precipitação; CSM: Café com Sombreamento Médio, dias ensolarados sem precipitação.

As medianas da atenuação da radiação PAR são praticamente coincidentes entre as duas semanas das medidas, em condições CSI ($\bar{x}_{CSI(1)} = 91,2\%$; $\bar{x}_{CSI(2)} = 92,6\%$). No entanto, a presença de maior intensidade de radiação solar direta, CSI (2), provoca maior dispersão dos dados com valores que orbitam entre 40 e 95% de atenuação.

Essa variabilidade nos dados, reflete-se no desvio-padrão observado ($s_{CSI(1)} = 6,9\%$; $\bar{x}_{CSI(2)} = 17,4\%$), fazendo com que a média de atenuação atinja um valor menor na semana 2 ($\bar{x}_{CSI(1)} = 90,2\%$; $\bar{x}_{CSI(2)} = 85,4\%$). De maneira geral, somente períodos muito longos de nebulosidade ou de céu claro poderiam alterar, de maneira significativa, os níveis médios de atenuação sob esse tipo de dossel. Considerando os dados das duas semanas de medidas, observaram-se os seguintes resultados (que representam, respectivamente, a média de atenuação, o desvio padrão e a mediana obtida entre os dados): $\bar{x}_{CSI} = 88,7\%$; $s_{CSI} = 11,5\%$; $\bar{x}_{CSI} = 91,4\%$.

Como esperado, ao se reduzir a densidade das araucárias, há uma diminuição da atenuação da radiação PAR com $\bar{x}_{CSM} = 78,2\%$; $s_{CSM} = 12,0\%$; $\bar{x}_{CSM} = 78,8\%$. Isso é uma redução de 15% do sombreamento, ou seja, passar de CSI para CSM provocou um aumento de pouco mais de 10% na radiação disponível.

O sombreamento médio verificado por meio do tratamento das fotografias na gleba CSI foi de, aproximadamente, 84% enquanto a atenuação de radiação PAR média medida por meio do Sensor LI-191 ficou em torno de 85%. Já na gleba CSM, os valores encontrados foram 68% e 78%, respectivamente, conforme observado na Tabela 1.

Devido às limitações de áreas com diferentes porcentagens de sombreamento impostas pela região de estudo (apenas 3), não foi possível efetuar uma comparação com a porcentagem para

o ponto de estabilização (30% de sombreamento) citado por Lunz et al. (2007). Assim, infere-se que o sombreamento proporcionado pelo CSM (aproximadamente 70%) provavelmente ainda tenha influência no desenvolvimento da lavoura, já que aqueles autores encontraram estabilização com 30% de sombra. Vale ressaltar que Lunz et al. (2007) não utilizaram araucárias em seu experimento. Assim, o ponto de estabilização para o SAF café x araucária pode ou não corroborar com o citado pelos autores.

3.2 Análise da fitomassa, respiração basal, carbono da biomassa e produtividade

Como pode ser observado na Tabela 2, a maior quantidade de fitomassa foi encontrada no CSI.

Vale ressaltar que uma maior porcentagem de erva daninha pode ser encontrada no CSS ou no CSM quando comparados ao CSI, conforme constatado por Borghi et al. (2008) e Melloni et al. (2013), que verificaram que o plantio consorciado levou a uma menor taxa de incremento de biomassa de plantas daninhas. Além disso, de acordo com a análise qualitativa das amostras de fitomassa dessa mesma área, apresentada por Oliveira (2012), dos dez nutrientes analisados (N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Mn e Zn), cinco foram encontrados em maior quantidade no material coletado na gleba CSI (Ca, S, B, Mn e Zn).

A fitomassa do CSI apresenta uma boa qualidade, entretanto essa fitomassa é de difícil decomposição devido à presença do material proveniente das araucárias, rico em lignina e celulose. Isso pode dificultar a assimilação dos nutrientes pelas comunidades microbianas do solo. Apesar de poder conter maior quantidade de erva daninha, a fitomassa encontrada no CSS possui material herbáceo (conforme constatado visualmente nas visitas em campo), estando livre das acículas de araucária, material rico em lignina e celulose encontrado na fitomassa do CSM e, principalmente, do CSI. Esse fato pode fazer com que haja uma melhor assimilação da fitomassa originada no CSS pelos microrganismos.

TABELA 1 - Comparação entre a atenuação de radiação inferida pelos sensores e o cálculo de sombreamento obtido através do tratamento das fotografias.

Parâmetro	Intensidade de Sombreamento ⁽¹⁾	
	CSI	CSM
Atenuação de radiação (sensor)	85%	78%
Contagem de pixels (fotografia)	84%	68%

⁽¹⁾ CSI: Café com sombreamento intenso; CSM: café com sombreamento médio; CSS: café sem sombreamento.

TABELA 2 - Produção média de fitomassa (T.ha⁻¹) nas diferentes intensidades de sombreamento do SAF café araucária em Pedralva/MG.

Parâmetro	Intensidade de Sombreamento ⁽²⁾		
	CSI	CSM	CSS
Fitomassa (T/ha de M. Seca)	22,09 a	16,31 a b	10,75 b

⁽²⁾ CSI: Café com sombreamento intenso; CSM: café com sombreamento médio; CSS: café sem sombreamento. Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, com n.m.s. de 5%.

Nota-se que o valor de fitomassa encontrado no CSM não difere estatisticamente de CSI nem de CSS e não possui uma tendência de aproximação, estando essa média espaçada de, aproximadamente, seis unidades das outras. Dessa forma, pode-se relatar que a fitomassa de CSM apresenta uma possibilidade de conter uma menor quantidade de ervas daninhas quando comparada com a produzida no CSS e, ao mesmo tempo, possui um material mais herbáceo comparando com a fitomassa do CSI. Portanto, verifica-se que a condição CSM, encontrada na área de estudo, pode ser a mais adequada, quando comparada com as condições de CSI e CSS.

A presença de fitomassa pode contribuir na manutenção da temperatura do solo e conferir proteção contra o efeito de erosão das águas pluviais, sendo que a presença de fitomassa no solo torna-se de extrema importância para o manejo sustentável da lavoura.

3.3 Resultados da análise da respiração basal e do carbono da biomassa

Na Tabela 3, identifica-se que, no CSS, há uma maior atividade e biomassa microbiana mesmo havendo menor quantidade de fitomassa.

Este fato pode ser explicado devido à composição herbácea da fitomassa presente na gleba CSS, mais facilmente assimilada pelos microrganismos. Porém, tanto na gleba CSS, como na CSI, é possível verificar uma condição de possível estresse microbiano, devido à elevada atividade e baixa biomassa, quando comparado com a gleba CSM. Essa condição de estresse pode ser condicionada pela pouca quantidade de fitomassa na gleba CSS e pela dificuldade de decomposição do material, rico em lignina celulose, proveniente das araucárias encontrado na gleba CSI.

As observações levantadas corroboram com a afirmação, levantada por Alvarenga e Martins (2004), de que a matéria orgânica é a principal fonte de energia para os microrganismos do solo,

sendo que no CSS, onde a fitomassa é de mais fácil degradação, há maior reciclagem de matéria orgânica incorporada ao solo e essa, por sua vez, irá alimentar as comunidades microbianas da rizosfera, fazendo com que aumentem, mesmo em condição de possível estresse. Esse fato foi também averiguado por Bayer e Mielniczuk (2008) onde constataram que o contínuo fornecimento de material orgânico serve como fonte de energia para a atividade microbiana que, segundo os dados apresentados, foi maior no CSS.

Nota-se, portanto, que a condição de CSM é a mais adequada para a manutenção das comunidades microbianas, uma vez que essa gleba possui as qualidades intermediárias observadas entre o CSI e o CSS (quantidade de fitomassa e material herbáceo, respectivamente), fazendo com que seja possível a manutenção dos microrganismos.

3.4 Resultados da análise da produtividade dos cafeeiros

Os dados apresentados na Tabela 4 mostram que a produção de café beneficiado não diferiu estatisticamente entre as glebas CSM e CSS, nem entre as glebas CSM e CSI, porém há uma tendência de aproximação entre as glebas CSM e CSS.

Este fato demonstra que, mesmo com sombreamento médio, a gleba CSM possui uma produção que não difere da encontrada no CSS, além de possuir frutos de maior tamanho (constatado por análise visual) devido à presença do sombreamento, conforme mencionado por Hernandez, Pedro Junior e Bardin (2004). Vale ressaltar que, para a realização da análise estatística, foram realizados testes de normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias e, embora esses valores tenham ficado dentro do aceitável, o teste estatístico não apresentou diferença entre as médias do CSI e do CSM.

TABELA 3 - Respiração basal dos microorganismos (atividade microbiana) e Carbono da biomassa microbiana, nas diferentes intensidades de sombreamento do SAF café- araucária em Pedralva / MG.

Parâmetro	Intensidade de Sombreamento ⁽²⁾		
	CSI	CSM	CSS
Respiração microbiana (mg g ⁻¹ de C – CO no solo seco 10 ⁻¹ dias)	0,21 a b	0,13 b	0,26 a
Carbono da biomassa microbiana (µg/g de C no solo)	167,67 b	101,14 a b	173,11 a

⁽²⁾ CSI: Café com sombreamento intenso; CSM: café com sombreamento médio; CSS: café sem sombreamento. Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, com n.m.s. de 5%.

TABELA 4 - Produção de café beneficiado nas diferentes intensidades de sombreamento do SAF café - araucária em Pedralva / MG.

Parâmetro	Intensidade de Sombreamento ⁽²⁾		
	CSI	CSM	CSS
Café beneficiado (kg/planta)	0,55 b	2,25 a b	2,51 a

⁽²⁾ CSI: Café com sombreamento intenso; CSM: café com sombreamento médio; CSS: café sem sombreamento. Valores acompanhados de mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Duncan, com n.m.s. de 5%.

Dessa forma, nota-se que, embora não haja diferença estatística, a produtividade, por planta, da gleba CSM seria 1,70 kg superior a do CSI, ou seja, para 1.000 plantas temos uma diferença de, aproximadamente, 28 sacas de 60 kg, o que geraria uma diferença de R\$ 8.400,00 considerando como sendo R\$ 300,00, por saca de 60kg, o preço médio de mercado, no mês de maio de 2013. De acordo com a análise realizada, nota-se que a utilização de técnicas de manejo adequadas possibilita uma melhor relação entre o cultivo agrícola do café e o meio ambiente, fazendo com que o cafezal seja capaz de se adequar às peculiaridades climáticas pontuais, bem como às variações observadas em nível mundial.

As vantagens trazidas na utilização do sombreamento são benéficas, não só para a produção do cafezal, como também para o ambiente, além de maximizarem a possibilidade de se agregar uma nova opção de consorciação para o produtor rural.

5 CONCLUSÕES

A análise de dados coletados pelos sensores comprova a eficácia da metodologia utilizada no cálculo do sombreamento através de fotografias digitais. A maior quantidade de fitomassa foi encontrada no CSI e a maior biomassa foi observada no CSS.

A porcentagem do sombreamento imposto pelo dossel das araucárias, no CSM, indica que o arranjo dessa gleba é o mais adequado para o cultivo do café, em termos de radiação disponível.

6 AGRADECIMENTOS

À Fapemig, financiadora desta pesquisa.

7 REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M. I. N. **Propriedades físicas, químicas e biológicas de um Latossolo Vermelho-Escuro em diferentes ecossistemas**. 1996. 211 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1996.
- ALVARENGA, M. I. N.; MARTINS, M. Fatores edáficos de cafezais arborizados. In: _____. **Arborização de cafezais no Brasil**. Vitória da Conquista: UESB, 2004. p. 45-84.
- ANDERSON, J. P. E. **Soil respiration: methods of soil analysis: part 2, chemical and microbiological properties**. 2nd ed. Madison: Soil Science Society of America/American Society of Agronomy, 1982. p. 831-845.
- BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G. et al. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008. p. 13-14.
- BORGHI, E. et al. Influência da distribuição espacial do milho e da *Brachiaria brizantha* consorciados sobre a população de plantas daninhas em sistema plantio direto na palha. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 26, p. 559-568, 2008.

- CARAMORI, P. H. et al. Utilização de espécies intercalares no cafezal para proteção contra geadas: resultados e perspectivas. **Agroecologia Hoje**, Botucatu, v. 23, p. 11-13, 2004.
- FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999.
- GROSSMAN, J. M. Exploring farmer knowledge of soil processes in organic coffee systems of Chiapas, Mexico. **Geoderma**, Amsterdam, v. 111, p. 267-287, 2003.
- HERNANDES, J. L.; PEDRO JUNIOR, M. J.; BARDIN, L. Variação estacional da radiação solar em ambiente externo e no interior de floresta semidecídua. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, p. 167-172, 2004.
- LUNZ, A. M. P. et al. Acúmulo de biomassa acima do solo em cafeeiro sob diferentes regimes de radiação solar. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais...** Brasília: EMBRAPA Café, 2007. 1 CD-ROM.
- MELLONI, R. et al. Métodos de controle de plantas daninhas e seus impactos na qualidade microbiana de solo sob cafeeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 1, p. 66-75, 2013.
- OLIVEIRA, C. C. de. **Interferência Ambiental da Araucária (*Araucaria angustifolia* L.) na lavoura cafeeira**. 2012. 70 p. Dissertação (Mestrado em Meio Ambiente e Recursos Hídricos) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2012.
- SAES, M. S. M.; SOUZA, M. C.; OTANI, M. N. Strategic alliances and sustainable coffee production: the shaded system of Baturite, State of Ceará, Brazil. **International Food and Agribusiness Management Review**, New York, v. 6, n. 2, 2003. Disponível em: <<http://pensa.org.br/en/revistas-academicas/strategic-alliances-and-sustainable-coffee-production-the-shaded-system-of-baturite-state-of-ceara-brazil/>>. Acesso em: 10 mar. 2012.
- VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea Arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Oxford, v. 86, p. 197-204, 2006.