

# AVALIAÇÃO DA DISPONIBILIDADE DE RADIAÇÃO FOTOSSINTETICAMENTE ATIVA EM LAVOURA CAFEIEIRA COM SUB-BOSQUE DE ARAUCÁRIA (*Araucaria angustifolia* L.)

**JOSÉ NUNES PINTO NETO<sup>(1)</sup>, CARLA CRISTINA DE OLIVEIRA<sup>(2)</sup>, MARCELO DE PAULA CORRÊA<sup>(3)</sup>, MARIA INÊS NOGUEIRA ALVARENGA<sup>(3)</sup>, DANIEL MORTL<sup>(4)</sup>**

(1) Graduando em Engenharia Ambiental, Instituto de Recursos Naturais / Universidade Federal de Itajubá (IRN/UNIFEI), Itajubá – MG, fone: (0XX35) 9118 7272, neto\_unifei@yahoo.com.br; (2) Engenheira Ambiental, Mestranda do Curso de Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos (MEMARH), IRN/UNIFEI, Itajubá – MG; (3) Prof. Doutor – IRN/UNIFEI, Itajubá – MG; (4) Técnico em Meteorologia – IRN/UNIFEI, Itajubá – MG .

Apresentado no XVII Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 18 a 21 de Julho de 2011  
– SESC Centro de Turismo de Guarapari, Guarapari - ES

**RESUMO:** A redução das áreas de aptidão para cafeicultura no Estado de Minas Gerais ocasiona reflexos negativos para a economia do Estado. Com isso, se faz necessária a busca por técnicas de manejo que visem minimizar os impactos negativos da agricultura e que possibilitem o desenvolvimento da cultura em áreas anteriormente consideradas marginais. Os sistemas agroflorestais surgem como uma alternativa para o produtor, aumentando a produtividade por unidade de área, as interações ecológicas e a qualidade ambiental. O objetivo do trabalho foi verificar a atenuação da radiação PAR, por meio de medidas realizadas acima e abaixo do dossel e correlacioná-la com o sombreamento proporcionado pelas araucárias inferido por meio do tratamento de fotografias. Foi verificado que houve uma boa correlação entre a atenuação da radiação PAR e a área sombreada sob as araucárias. Além disso, os erros obtidos no experimento foram pequenos, não comprometendo a qualidade dos resultados.

**Palavras-chave:** sistemas agroflorestais, sombreamento, radiação fotossinteticamente ativa (PAR).

**ABSTRACT:** The reduction in the areas of suitability for coffee production in Minas Gerais causes negative consequences for the state's economy. Thus, it is necessary to search for management techniques that minimize the negative impacts of agriculture and to enable the development of culture in areas previously considered marginal. Agroforestry systems emerge as an alternative to the producer, increasing productivity per unit area, the ecological interactions and environmental quality. The objective was to determine the attenuation of PAR, obtained by means of sensors LI-190 (Quantum Sensor) and LI-191 (Line Quantum Sensor) and LI-200SA (Pyranometer) and correlate it with the shading provided by canopies araucaria obtained through the processing of photographs using the software Global Mapper 11 ® and ArcGIS ® 9.2. It was found that there was good correlation between the attenuation of PAR and the shaded area under the pines. Moreover, the errors obtained in the experiment were small, not compromising the quality of results.

**Keywords:** agroforestry, shading, photosynthetically active radiation.

## INTRODUÇÃO

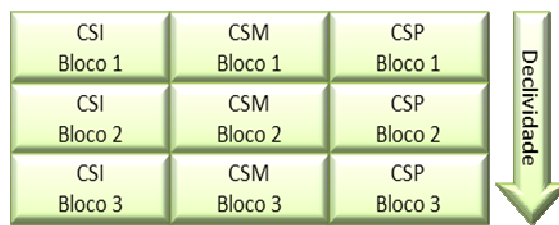
O Brasil é reconhecido como um dos países mais competitivos na cafeicultura mundial. No entanto, sofre com a fragilidade da comercialização do produto, o que tem exposto os cafeicultores aos impactos da forte variação de preços do café, característicos desse mercado cíclico (FONTES, 2001; FRANCO, 2002). Nesse contexto, a busca por sistemas de manejo que possibilitem o desenvolvimento da cultura em áreas anteriormente consideradas marginais, pode minimizar o problema em médio prazo. A arborização de um cafezal proporciona reduções significativas nos custos de produção do café, permite a exploração de outro produto comercial numa mesma área de cultivo, emprega mão de obra em maior tempo e proporciona um produto diferenciado, abrindo novas opções de mercado e de preços (GROSSMAN, 2003 e SAES et al., 2003 apud BARBOSA, 2005). No que diz respeito aos aspectos microclimáticos, o uso da arborização no cafeeiro visa a minimizar a exposição das plantas a riscos climáticos, como geadas, excessos 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). No tangente a radiação solar, sabe-se que a luz é um recurso crítico para plantas, que pode frequentemente limitar seu crescimento e reprodução (GOMES, 2004).

Neste contexto, este trabalho visa correlacionar os dados de radiação fotossinteticamente ativa (PAR) acima e abaixo do dossel em função da área sombreada, inferida a partir do mapeamento de pixels de fotografias do dossel sob o qual os sensores estavam posicionados. Além disso, este trabalho propõe, como meta futura, relacionar o microclima do sistema agroflorestal aos fatores econômicos e ambientais, como produtividade, umidade do solo, biodiversidade e teor de matéria orgânica.

## MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio 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 entre plantas. Em 1979, em função da ocorrência de geadas, foi realizado o plantio de araucárias, com espaçamento de 4,0 m entre linhas e 4,0 m entre plantas. 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 a sol pleno (CSP). Cada gleba foi subdividida em três blocos, em função de diferenças de declividade observadas no terreno (Figura 1). Assim, o experimento foi instalado com Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), com três densidades de sombreamento e três repetições.



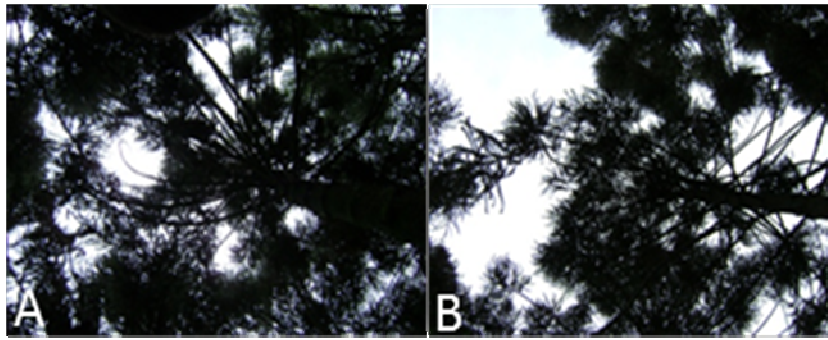
**Figura 1:** Disposição das glebas de café no campo.

Para 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; e o sensor LI-200SA (Piranômetro) para medidas da radiação solar global. Os dados foram coletados ao longo de 31 dias em intervalos regulares de 15 minutos.

Com o objetivo 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 CSP (04/02 até 11/02). Cabe ressaltar que as medições da gleba CSI foram prorrogadas devido à nebulosidade e precipitação ocorridas na primeira semana de medições. Os sensores LI-190 e LI-200SA ficaram expostos 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:

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

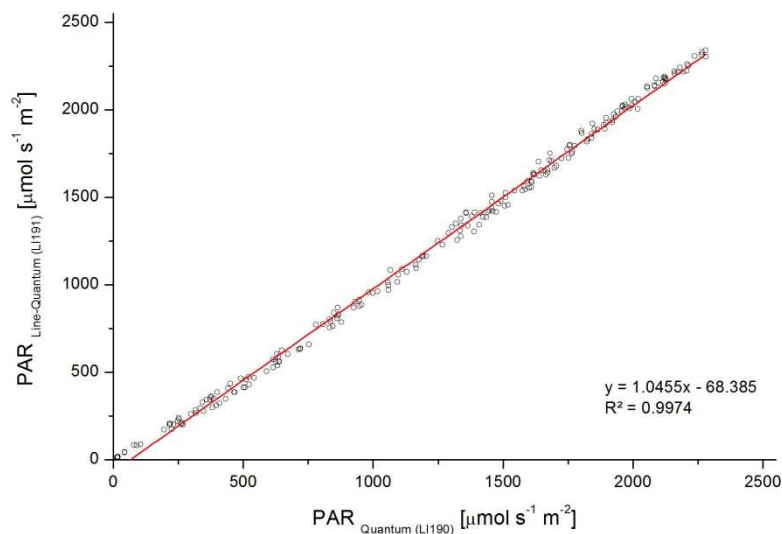
Para estabelecer uma correlação entre os dados coletados pelo sensor LI-191 e o efeito do dossel das araucárias, foram tiradas fotografias que capturassem a situação de sombreamento à qual o sensor estava exposto nas glebas CSI e CSM, conforme ilustra a Figura 2. Com a finalidade de estipular um erro para o método, foram também efetuadas fotografias a céu aberto, na gleba CSP. Todas as imagens foram tratadas nos softwares *Global Mapper 11*® e *Arc Gis 9.2*®. Nestes 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.



**Figura 2:** Fotografias efetuadas sob dossel de CSI (A) e CSM (B).

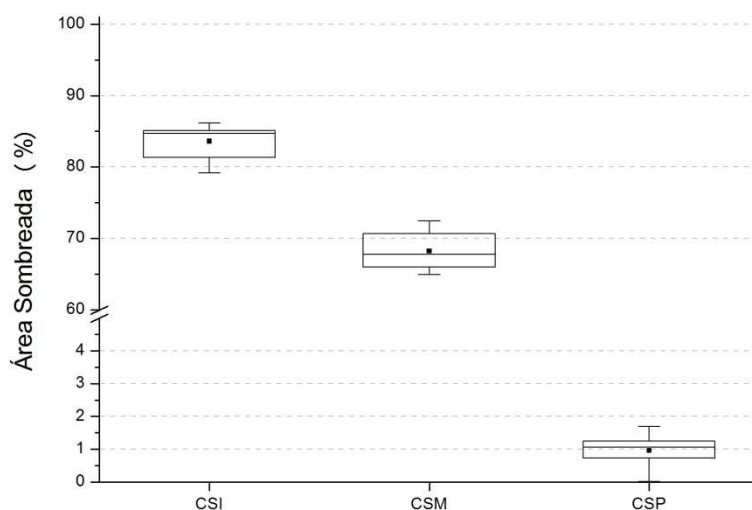
## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Apesar de recém adquiridos e calibrados, primeiramente foi realizada uma comparação entre os sensores LI-190 e LI-191. A figura 3 mostra que existe uma forte correlação entre os dados coletados pelos sensores proporcionando um desvio médio pequeno (~5%) e inferior ao erro instrumental proposto pelo fabricante (~7%).



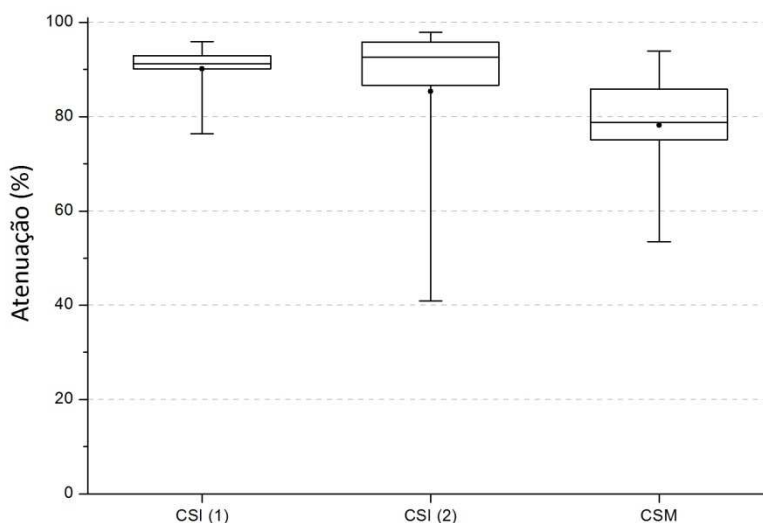
**Figura 3:** Gráfico da correlação entre 261 medidas concomitantes realizadas pelos sensores LI-190 e LI-191. A equação de regressão e o coeficiente de determinação são apresentados.

Para avaliação da área sombreada, foi coletada uma amostra representativa de mais de 30 fotografias das glebas de estudo. A Figura 4 apresenta o *boxplot* dessas avaliações, na qual pode se 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 70%. Apenas para inferência do erro contido no método de contagem de pixel, calculou-se a possível área sombreada em uma imagem de uma área sem dossel, 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 em mesmo em condições de céu cinzento a porcentagem de pixels escuros é, em média, inferior a 1%. Sendo assim, conclui-se que esse é o erro estimado para o modelo utilizado.



**Figura 4:** Boxplot das análises de área sombreada a partir da contagem de pixels de fotografias do dossel. CSI: Sombreamento intenso; CSM: Sombreamento médio; e, CSP: Sol Pleno, sem cobertura vegetal.

A Figura 5 mostra 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 a série de medidas nesta gleba. Deste modo, têm-se 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. Nas demais glebas, também houve equilíbrio entre dias ensolarados e nublados durante as medidas.



**Figura 5:** Atenuação de radiação PAR provocada pela cobertura dos diferentes dosséis. CSI(1): Sombreamento intenso, com nebulosidade e precipitação intensas; CSI(2): Sombreamento intenso, dias ensolarados sem precipitação; CSM: Sombreamento médio.

As medianas da atenuação da radiação PAR são praticamente coincidentes entre as duas semanas das medidas em condições CSI ( $\tilde{x}_{CSI(1)} = 91,2\%$ ;  $\tilde{x}_{CSI(2)} = 92,6\%$ ). 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 nos desvios-padrão observados ( $s_{CSI(1)} = 6,9\%$ ;  $\tilde{s}_{CSI(2)} = 17,4\%$ ) e “puxa” a média de atenuação para 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:  $\bar{x}_{CSI} = 88,7\%$ ;  $s_{CSI} = 11,5\%$ ;  $\bar{x}_{CSI} = 91,4\%$ .

Como era de se esperar, reduzindo-se a área sombreada, há uma diminuição da atenuação da radiação PAR com  $\bar{x}_{CSM} = 78,2\%$ ;  $s_{CSM} = 12,0\%$ ;  $\bar{x}_{CSM} = 78,8\%$ . Isto é, grosso modo, um aumento de 15% do sombreamento, ou seja, passar de CSM para CSI, provocou um aumento de pouco mais 10% na radiação disponível.

## CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

A análise de dados coletados pelos sensores foi satisfatória, apresentando um desvio médio pequeno (~5%) e inferior ao erro instrumental proposto pelo fabricante (~7%). Além disso, há forte correlação entre os dados coletados por meio dos sensores e aqueles provenientes do mapeamento de pixels das fotografias tiradas sob o dossel das araucárias.

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 70% e 78%, respectivamente. Na gleba CSP foi encontrado um valor de sombreamento inferior a 1%. Este dado, pouco significativo, pode ser atribuído à nebulosidade bem como a possíveis erros dos *softwares* utilizados no tratamento das imagens.

Espera-se, como continuidade deste trabalho, realizar medidas sob dosséis de diversos tipos de plantas e em diferentes porcentagens de cobertura, com o objetivo de estabelecer uma curva que relacione a atenuação de radiação PAR mensurada pelo Sensor LI-191 com o sombreamento calculado a partir do tratamento das fotografias tiradas sob o dossel. Medições em períodos de tempo mais extensos e intermitentes poderão ainda verificar a relação entre os benefícios propostos por VAAST et al. (2006) e as limitações de iluminação apontadas por GOMES (2004).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBOSA, J.P.R.A.D. **Aspectos ecofisiológicos de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) em produção arborizados com diferentes leguminosas no Sul de Minas Gerais.** 2005. 104 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FONTES, R.E. **Estudo Econômico da Cafeicultura no Sul de Minas Gerais.** 2001. 94p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

FRANCO, C.G.S. **Impacto das variáveis macroeconômicas sobre o desempenho das cooperativas de café do Estado de Minas Gerais.** 2002. 104p. Dissertação (Mestrado em Economia Rural) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

GOMES, I.A.C. **Alterações morfofisiológicas em folhas de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) ‘Oeiras’, sob influência do sombreamento por leguminosas.** 2004. 63 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

MIRANDA, E.M. de.; PEREIRA, R. de C.A.; BERGO, C.L. **Comportamento de seis linhagens de café (*Coffea arabica* L.) em condições de sombreamento e a pleno sol no Estado do Acre, Brasil.** Ciência e Agrotecnologia, Lavras, v.23, n. 1, p. 62-69, jan./mar. 1999.

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**, v.86, p.197-204, 2006.